



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DISPERSÃO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS DA ATALAIA (ARACAJU) E
ATALAIA NOVA (BARRA DOS COQUEIROS), SERGIPE**

LUÍSA KOLMING DE SOUZA

São Cristovão, Sergipe

2019

**DISPERSÃO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS DA ATALAIA (ARACAJU) E
ATALAIA NOVA (BARRA DOS COQUEIROS), SERGIPE**

LUÍSA KOLMING DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Geologia da
Universidade Federal de Sergipe como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Geologia.

Orientadora: Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade

Coorientadora: MSc. Luciana Vieira de Jesus

São Cristóvão-SE


2019

LUÍSA KOLMING DE SOUZA


**DISPERSÃO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS DA ATALAIA
(ARACAJU) E ATALAIA NOVA (BARRA DOS COQUEIROS),
SERGIPE**

Trabalho de Conclusão apresentado
de Curso à Universidade Federal de
Sergipe, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Geologia

BANCA EXAMINADORA:

 Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade [Orientadora – DGEOL/UFS]

 Dra. Edilma de Jesus Andrade [Membro Interno – DGEOL/UFS]

 MSc. João Paulo da Silva Santos [Membro Externo – LACMA/UFS]

 MSc. Laísa Peixoto Ramos [Membro Externo – LACMA/UFS]

Aprovado em: 30/08/2019

RESUMO

O papel desempenhado pela deriva litorânea nos trechos próximos à desembocadura do rio Sergipe é importante para a compreensão da dispersão de sedimentos ao longo da costa. A linha de costa contígua às margens direita e esquerda do rio Sergipe, municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros, respectivamente, constitui a área de estudo desse trabalho. O objetivo desse trabalho foi avaliar o papel desempenhado pela refração das ondas na dispersão de sedimentos ao longo dos trechos próximos à desembocadura do rio Sergipe: praias da Atalaia (município de Aracaju) e Atalaia Nova (município de Barra dos Coqueiros). A metodologia incluiu a construção manual de diagramas de refração de ondas para as ondas dos quadrantes E, SE e S (períodos 6, 7, 8 e 10 s) e o cálculo da intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos. O sentido predominante da deriva litorânea de sedimentos foi de NE para SW, e os resultados obtidos da intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos e, consequentemente, da dispersão de sedimentos indicaram na praia: (i) da Atalaia Nova tendência erosiva no setor II para as ondas dos quadrantes E e SE, e tendência deposicional no setores I e II para as ondas do quadrante S; (ii) dos Artistas (setor III) tendência erosiva, independente do quadrante e período das ondas; (iii) da Atalaia tendência erosiva no setor IV, independente do quadrante e período das ondas, tendência erosiva no setor V para as ondas dos quadrantes E e SE, e tendência deposicional para as ondas do quadrante S, e tendência deposicional no setor VI para as ondas dos quadrantes E e SE. A compreensão da dispersão de sedimentos ao longo da linha de costa é fundamental para a melhor compreensão da dinâmica da zona costeira.

PALAVRAS-CHAVE: DERIVA LITORÂNEA, TENDÊNCIA DEPOSICIONAL, TENDÊNCIA EROSIVA.

ABSTRACT

The role played by the longshore drift in the stretches near the mouth of the Sergipe river is important for understanding the sediment dispersal along the coast. The contiguous coast line to the right and left banks of the Sergipe river, municipalities of Aracaju and Barra dos Coqueiros, respectively, composes the study area of this work. The purpose of this paper was to evaluate the role played by wave refraction in sediment dispersion along the Sergipe river mouth: Atalaia (Aracaju) and Atalaia Nova (Barra dos Coqueiros) beaches. The methodology included the manual construction of wave refraction diagrams for the waves of quadrants E, SE and S (periods 6, 7, 8 and 10 s) and the calculation of the potential intensity and direction of longshore sediment drift. The predominant direction of the longshore sediment drift obtained was from NE to SW, and the results obtained from the potential intensity of the longshore sediment drift and, consequently, the sediment dispersal indicated on the beach: (i) Atalaia Nova: erosive trend in sector II to the waves of quadrants E and SE, and depositional trend in sectors I and II to the waves of quadrant S; (ii) Artistas (sector III): erosive trend independent of the waves quadrant and period; (iii) Atalaia: erosive trend in sector IV independent of the waves quadrant and period, erosive trend in sector V to the waves of quadrants E and SE, and depositional trend to the waves of quadrant S, and depositional trend sector VI to the waves of quadrants E and SE. Understanding the sediment dispersal along the shoreline is critical to better understanding the dynamics of the coastal zone.

KEYWORDS: LONGSHORE DRIFT, DEPOSITIONAL TREND, EROSION TREND.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. Refração de Ondas	11
2.2. Deriva Litorânea.....	13
3. AREA DE ESTUDO	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1. Levantamento bibliográfico.....	18
4.2. Construção manual dos diagramas de refração de ondas	18
4.3. Cálculo da intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de propagação de duas sucessivas ondas oceânicas idealizadas, mostrando os seus parâmetros. Modificado de CERC (1984)	12
Figura 2 - Diagrama esquemático da refração de onda, onde b_1 e b_2 representam as distâncias entre dois raios-de-onda, em águas profundas e mais próximo da costa, respectivamente. Modificado de Masselink <i>et al.</i> (2011)	13
Figura 3 - Localização das praias dos Artistas e da Atalaia (Aracaju) e da Atalaia Nova (Barra dos Coqueiros), em Sergipe	16
Figura 4 – Carta Náutica 1003 – Barra do Rio Sergipe. Fonte: Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, 2010	19
Figura 5 – Carta Náutica 1003 – Barra do Rio Sergipe, com os contornos de todos os intervalos das diferentes profundidades. Fonte: Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, 2010	20
Figura 6 – Diagrama denominado pelo CERC (1984) como modelo de refração. Fonte: CERC (1984)	23
Figura 7 - Diagrama de refração de ondas para quadrante leste com período de onda de 6 segundos	24
Figura 8 - Diagrama de refração de ondas para quadrante leste com período de onda de 7 segundos	24
Figura 9 - Diagrama de refração de ondas para quadrante leste com período de onda de 8 segundos	25
Figura 10 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 6 segundos	25
Figura 11 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 7 segundos	26
Figura 12 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 8 segundos	26
Figura 13 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 9 segundos	27

Figura 14 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 10 segundos	27
Figura 15 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 10 segundos	28
Figura 16 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 11 segundos	28
Figura 17 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 12 segundos	29
Figura 18 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 13 segundos	29
Figura 19 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 14 segundos	30
Figura 20 - Ilustração dos valores dos ângulos que os raios de ondas incidem na linha de costa e das distancias entre duas ortogonais de onda em águas profundas e rasas. Fonte: Bittencourt <i>et al.</i> (2010)	32
Figura 21 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 6 segundos	36
Figura 22 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 7 segundos	36
Figura 23 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 8 segundos	37
Figura 24 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 10 segundos	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo dos cálculos de valores de C1/C2 para análise de refração de ondas	22
Tabela 2 – Balanço sedimentar e comportamento da linha de costa nas praias da Atalaia Nova (setores I e II), dos Artistas (setor III) e da Atalaia (setores IV, V e VI)	39

INTRODUÇÃO

As ondas que chegam à costa são formadas em alto mar pela transferência de energia do vento ao entrar em contato com a superfície da água e se propagam em todas as direções (PARK, 2008). O processo de refração de ondas é descrito por Ramalho *et al.* (2007) como um fenômeno que ocorre quando a onda passa de um meio de propagação mais profundo para outro mais raso, experimentando uma variação em sua velocidade de propagação. Park (2008) descreve que devido ao processo de refração das ondas, conforme as ondas se aproximam da praia, mudam a sua direção de propagação tendendo a se alinhar com a linha de costa.

Segundo Carvalho *et al.* (2007), a dispersão de sedimentos ao longo da linha de costa é, basicamente, determinada pela intensidade e distribuição da energia das ondas e a interação entre a sua propagação com o fundo marinho e/ou obstáculos ao seu deslocamento. Isso resulta em modificações na sua altura e trajetória, principalmente através do processo de refração. O estudo dos processos associados à propagação das ondas é, portanto, de fundamental importância para a compreensão da dinâmica costeira.

O transporte litorâneo longitudinal de sedimentos que ocorre ao longo da costa, é formado a partir do efeito da refração das ondas em função da batimetria do fundo oceânico que tende a tornar a direção das cristas das ondas paralelas à linha de costa. Esse fato faz com que as ondas atinjam a praia com um certo ângulo, gerando um fluxo longitudinal de sedimentos. Essas correntes transportam sedimentos colocados em suspensão pelas ondas incidentes, podendo movê-los ao longo de vários quilômetros (MUEHE, 1996).

De acordo com o CERC (1984), a confecção dos diagramas de refração de ondas é um método importante para a avaliação dos padrões de distribuição da energia das ondas ao longo da costa. A definição dos padrões de dispersão de sedimentos e a distribuição de energia da onda ao longo da costa contribuem para a previsão de possíveis mudanças na configuração da linha de costa, evitando ou minimizando as perdas físicas e econômicas.

A refração das ondas pode causar a concentração ou dispersão da sua energia ao longo da costa. Isto se dá através da convergência ou divergência dos raios-de-onda, que são linhas perpendiculares às cristas e que viajam no sentido do avanço da onda (KOMAR, 2000). Os raios-de-onda convergem sobre altos submarinos e divergem sobre vales submarinos. Quando as ortogonais convergem, as cristas são “comprimidas”, e a energia por unidade de comprimento de crista é aumentada. Inversamente, se as ortogonais divergem, as cristas são

“estiradas”, e a energia por unidade de comprimento de crista é relativamente menor (Munk & Traylor, 1947). A construção de diagramas de refração permite a visualização das variações no nível de energia das ondas e de seu poder de ataque ao longo de uma linha de costa. Segundo Park (2008) as ondas apresentam um maior poder erosivo nos locais de convergência dos raios de onda e uma menor capacidade de erosão nos locais de divergência.

A convergência no sentido da deriva litorânea de sedimentos representa balanço de sedimentos positivo, ou seja, favorece a deposição. Por outro lado, a divergência no sentido da deriva litorânea representa balanço de sedimentos negativo, ou seja, favorece a erosão. Adicionalmente, se em um determinado trecho costeiro, a deriva litorânea remover menos sedimentos do que introduzir (redução no valor da deriva litorânea), o balanço de sedimentos será positivo (deposição). E se a deriva litorânea remover mais sedimentos do que introduzir (intensificação da deriva), o balanço tenderá a ser também negativo (erosão). (BITTENCOURT *et al.*, 2003).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o papel desempenhado pela refração das ondas e a intensidade e/ou o sentido da deriva litorânea ao longo dos trechos próximos a desembocadura do rio Sergipe: praias da Atalaia (município de Aracaju) e Atalaia Nova (município de Barra dos Coqueiros), utilizando o método do CERC (1984) para a construção dos diagramas de refração de ondas, e o método de Bittencourt *et al.* (2002, 2003, 2005) para calcular a intensidade e/ou o sentido da deriva litorânea.

Logo, este conhecimento é fundamental para a instalação de obras de engenharia ao longo da costa, pois é necessário avaliar o papel desempenhado pelas ondas no controle da localização das zonas de progradação e erosão ou de não deposição ao longo da área em estudo.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Refração de Ondas

A água cobre 71% da Terra e, portanto, grande parte da energia radiante do Sol que não é refletida de volta ao espaço é absorvida pela água dos oceanos. Essa energia absorvida aquece a água, que por sua vez aquece o ar acima dos oceanos, e forma correntes de ar causadas por diferenças na pressão temperatura do ar. O ar mais frio é mais pesado e costuma descer, o ar quente é mais leve e costuma subir, o que propicia a movimentação e formação dos ventos. Além disso, essas movimentações de ar também ocorrem das zonas de alta pressão atmosférica (onde há uma maior quantidade de ar acumulada) para as zonas de baixa pressão atmosférica. Essas correntes de ar sopram através da água, retornando um pouco de energia para a água gerando ondas. As ondas então propagam-se através dos oceanos até os continentes onde a energia remanescente é dissipada na costa. As ondas são a maior contribuição de energia do oceano para a praia e para o sistema físico. Conforme os ventos sopram sobre a água, as ondas são geradas em uma variedade de tamanhos, desde ondulações até grandes ondas oceânicas (CERC, 1984).

As ondas de vento, que também são conhecidas como ondas oscilatórias, são geralmente definidas por sua altura (H), comprimento (L) e período (T) (Figura 1). A altura da onda (H) é a distância vertical do topo da crista até o fundo da calha. O Comprimento de onda (L) é a distância horizontal entre duas cristas sucessivas. O período de onda (T) é o tempo entre cristas sucessivas passando em um dado ponto. Conforme as ondas se propagam em águas profundas, apenas a forma de onda e parte da energia se move para frente, as partículas de água se movem em movimento oscilatório circular (CERC, 1984).

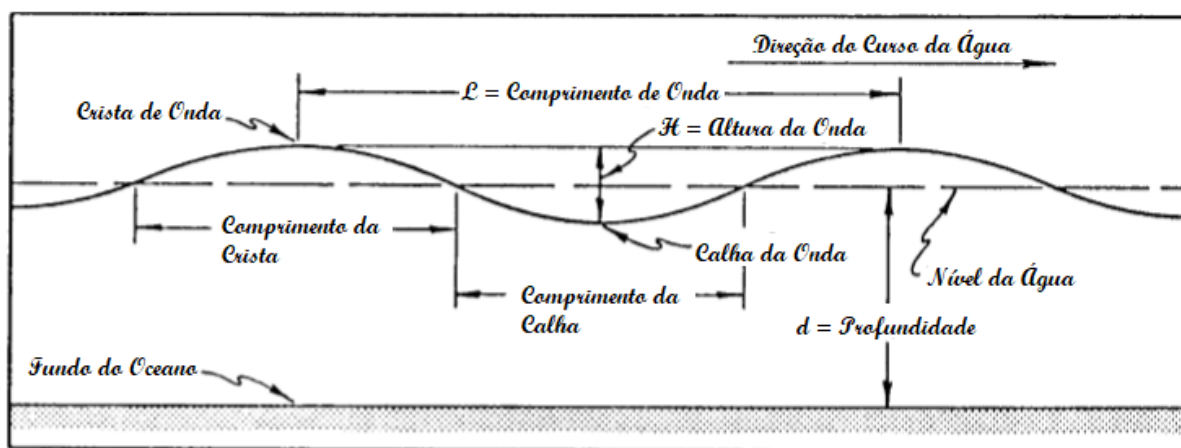


Figura 1 – Esquema de propagação de duas sucessivas ondas oceânicas idealizadas, mostrando os seus parâmetros. Modificado de CERC (1984).

O vento gera simultaneamente ondas com diversas alturas, comprimentos e períodos no oceano. A altura, o comprimento e o período das ondas são determinados pela distância que o vento sopra sobre o mar (pista ou *fetch*), velocidade do vento, duração do tempo que o vento sopra, distância percorrida pela onda após a saída da área geradora e profundidade da água. Adicionalmente, a profundidade da água também afetará a altura das ondas geradas (CERC, 1984).

Na maioria das costas as ondas são os fatores mais importantes nos processos costeiros e representam a principal entrada de energia para o sistema praiial. As ondulações provenientes do oceano aberto quando se aproximam da costa podem sofrer dois tipos de efeitos: difração e refração. A difração é o processo de redistribuição lateral de energia ao longo da crista da onda, devido à presença de obstáculos (ilhas, promontórios, molhes) durante o caminho da onda (MASSELINK, 2011).

Segundo CERC (1984), a refração é caracterizada pela alteração na velocidade de uma onda após a mudança de meio de propagação. Em águas profundas, as ondas se movimentam com suas cristas paralelas, enquanto que em águas intermediárias e rasas, a redução da velocidade das ondas faz com que as suas cristas mudem de direção. A refração de ondas explica como essas ondas quebram-se paralelas (ou quase paralelas) à linha de costa. Quanto mais distantes da costa, maior é a profundidade do oceano, e, à medida em que as ondas avançam para regiões próximas à costa, a profundidade diminui gradativamente. Essa diminuição de profundidade pode ser entendida como uma mudança no meio de propagação, o que altera, portanto, a velocidade das ondas.

A mudança na direção da onda pela refração da onda (Figura 2) está relacionada a uma mudança na velocidade da onda (C) e pode ser descrita de maneira semelhante à flexão dos raios de luz de acordo com a lei de Snell, onde α se refere ao ângulo entre a crista da onda e os contornos do fundo (MASSELINK, 2011):

$$\sin \alpha_2 = \left(\frac{C_2}{C_1} \right) \sin \alpha_1$$

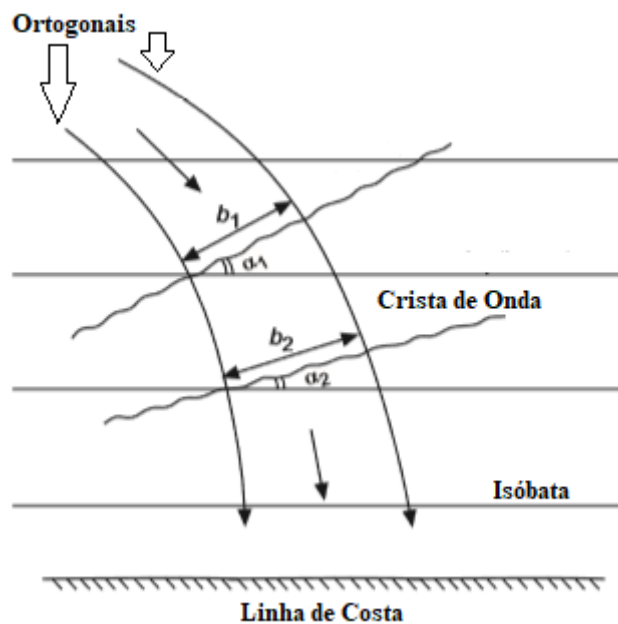


Figura 2 - Diagrama esquemático da refração de onda, onde b_1 e b_2 representam as distâncias entre dois raios-de-onda, em águas profundas e mais próximo da costa, respectivamente. Modificado de Masselink *et al.* (2011).

2.2. Deriva Litorânea

Para a formação e estabelecimento de praias, sejam arenosas ou não, não há limitações geográficas, desde que haja espaço, disponibilidade de sedimentos e agentes hidrodinâmicos para concentrar esses sedimentos em zonas transicionais entre o ambiente aquático e terrestre, sendo seu grau de desenvolvimento diretamente associado à disponibilidade de sedimentos e a largura da região de depósito. Por esse motivo, as praias são encontradas tanto nas adjacências de planícies costeiras e ilhas barreiras quanto em lagos, rios e estuários, além da linha de costa (HOEFEL, 1998).

O transporte litorâneo pode ser definido como o movimento de sedimento próximo à costa devido aos efeitos das ondas e correntes. Este pode ser dividido em duas classes gerais: o transporte paralelo à costa (transporte longitudinal) e o transporte perpendicular à costa (transporte transversal). O movimento de sedimento transportado ao longo da costa é denominado deriva litorânea e sua interrupção, seja por causas naturais ou induzidas pelo homem, pode alterar o equilíbrio existente em determinado ambiente, seja a longo ou curto prazo, ocasionando ou acelerando processos erosivos e resultando em prejuízos econômicos e ambientais (CERC, 1984).

O conhecimento relativo ao transporte de sedimentos litorâneo é um dos temas básicos de estudos e pesquisas dos processos praias, visto que, uma das causas mais frequentes da erosão ou progradação costeira é a alteração no volume de sedimento transportado paralelamente à linha de costa. O transporte transversal em relação à linha de costa, apesar de ter a capacidade de mover grandes quantidades de sedimento, ora na direção continente-oceano, ora na direção oceano-continente, tem a resultante anual praticamente nula. O transporte longitudinal ocorre como resultado de dois fenômenos: a suspensão do sedimento, resultante da quebra das ondas, que liberam uma grande quantidade de energia; e o seu transporte, resultante da incidência oblíqua das ondas sobre a linha de costa, gerando uma corrente conhecida como corrente longitudinal (SPROVIERI & FONTOURA, 2012).

As correntes longitudinais (*longshore currents*) que ocorrem ao longo da costa são formadas com o efeito de refração das ondas em função da batimetria do fundo tendendo a tornar a direção das cristas das ondas paralelas à linha de costa, atingindo a praia com um certo ângulo, gerando um fluxo longitudinal. Essas correntes transportam sedimentos colocados em suspensão pelas ondas incidentes, podendo movê-los ao longo de vários quilômetros tanto na zona de surfe como na face da praia, processo este conhecido como deriva litorânea. O transporte longitudinal de sedimento ainda pode ocorrer tanto na zona de surf, região onde ocorre a quebra das ondas, quanto na zona de espriamento, região alternadamente coberta pela subida e descida das ondas (MASSELINK, 2011).

Segundo Muehe (1996), ângulos superiores a 5° são suficientes para produzir correntes com velocidades extremamente eficientes no transporte de sedimento. Com o transporte longitudinal de sedimentos, o arco praial sofre erosão numa extremidade e acumulação na outra, buscando uma posição perpendicular ao ângulo de incidência das ondas. Em praias

interrompidas por obstáculos naturais ou artificiais, os efeitos da deriva litorânea são visivelmente notados (HOEFEL, 1998).

2. AREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as praias dos Artistas e da Atalaia (município de Aracaju) e Atalaia Nova (município de Barra dos Coqueiros), em Sergipe (Figura 3).

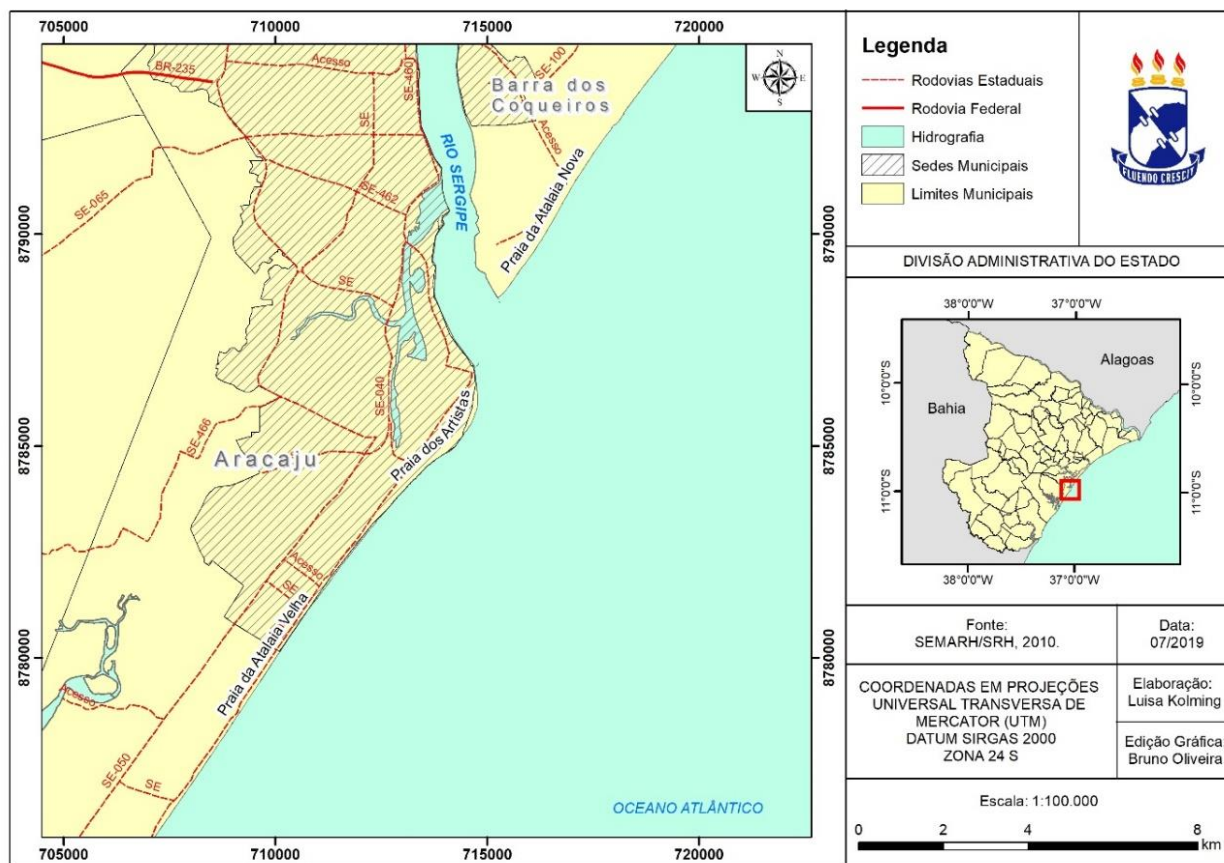


Figura 3 - Localização das praias dos Artistas e da Atalaia (Aracaju) e da Atalaia Nova (Barra dos Coqueiros), em Sergipe.

O Estado de Sergipe tem uma linha de costa que se estende por cerca de 150 km desde a foz do rio Real, ao sul, até a foz do rio São Francisco, ao norte. Compreende 8 bacias hidrográficas (São Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí, Real, Bacia Costeira 1 e Bacia Costeira 2) com as suas desembocaduras na costa sergipana (SEMARH, 2015).

A área de estudo está localizada nas margens esquerda e direita da desembocadura do rio Sergipe (Figura 3). O rio Sergipe tem extensão de 210 km, nasce na Serra Negra, divisa com o Estado da Bahia, atravessando Sergipe no sentido oeste/leste até desaguar no Oceano Atlântico, entre os municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros. O rio Sergipe apresenta baixa vazão fluvial, em torno de 13,84 m³/s, ou seja, a contribuição desse rio no aporte de sedimentos

para a zona costeira é muito pequena. Sua bacia hidrográfica totaliza 3.673 km², o que corresponde a 16,70% do território sergipano (ANA, 2000).

No Estado de Sergipe, a Planície Costeira é constituída pelas seguintes unidades geológico-geomorfológicas: terraços marinhos, depósitos flúvio-lagunares, depósitos de mangue e depósitos eólicos (BITTENCOURT *et al.*, 1983). O Estado de Sergipe se situa em uma região do Brasil caracterizada por uma tendência de longo prazo para progradação da linha de costa. Como resultado, a linha de costa é bordejada por uma ampla planície arenosa com largura média de quase 10 km, que inclui antigos depósitos praias e dunas eólicas, de idades holocênica e pleistocênica, além de depósitos de manguezais e terras úmidas de água doce. A linha de costa é retilínea, com praias de areia fina a muito fina, dissipativas a intermediárias. (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 1996).

A análise de perfis de praia e da linha de costa realizada por Jesus (2016) e Jesus & Andrade (2018) mostrou que no período de 2009 a 2017, a linha de costa da praia da Atalaia apresentou comportamento bastante variável, ora recuando, ora avançando ou mesmo mantendo-se estável. Adicionalmente, a linha de costa da praia dos Artistas apresentou recuo em todo o período investigado.

Para a praia da Atalaia Nova, Nascimento *et al.* (2018) mostraram que, em análise da variação da linha de costa de médio prazo, os sedimentos ficaram retidos no molhe situado na margem esquerda do rio Sergipe, promovendo assim a progradação da linha de costa nesse setor. Em análise de curto prazo, o cenário foi diferente, com predominância de erosão da linha de costa.

O clima da área de estudo é quente e úmido, a média das temperaturas máximas é cerca de 27°C e a média das temperaturas mínimas é de cerca de 23°C. Há duas estações bem definidas: período seco, que ocorre nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março) e período úmido que ocorre durante os meses com temperaturas mais amenas (junho, julho e agosto) (INMET, 2019). A precipitação média total é de cerca de 1.600 mm/ano (SEMARH, 2015).

As ondas que chegam ao litoral de Sergipe possuem direções predominantes de E, SE e S e alturas que variam de 1 a 3 m, a depender da estação do ano (PIANCA *et al.* 2010). Por conta disso, o sentido da corrente longitudinal de sedimentos no litoral do estado é predominantemente de NE para SW (OLIVEIRA, 2003).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

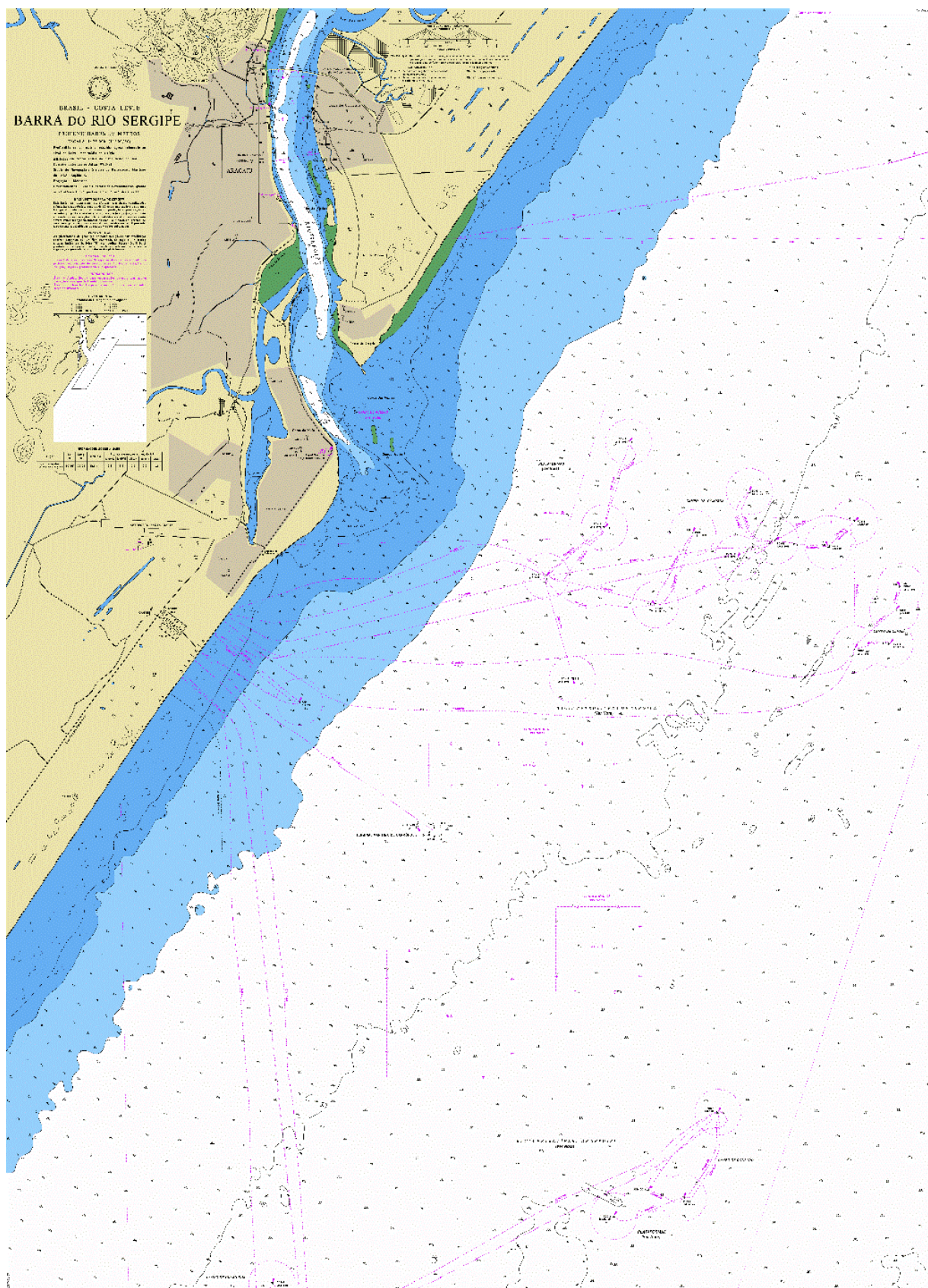
4.1. Levantamento bibliográfico

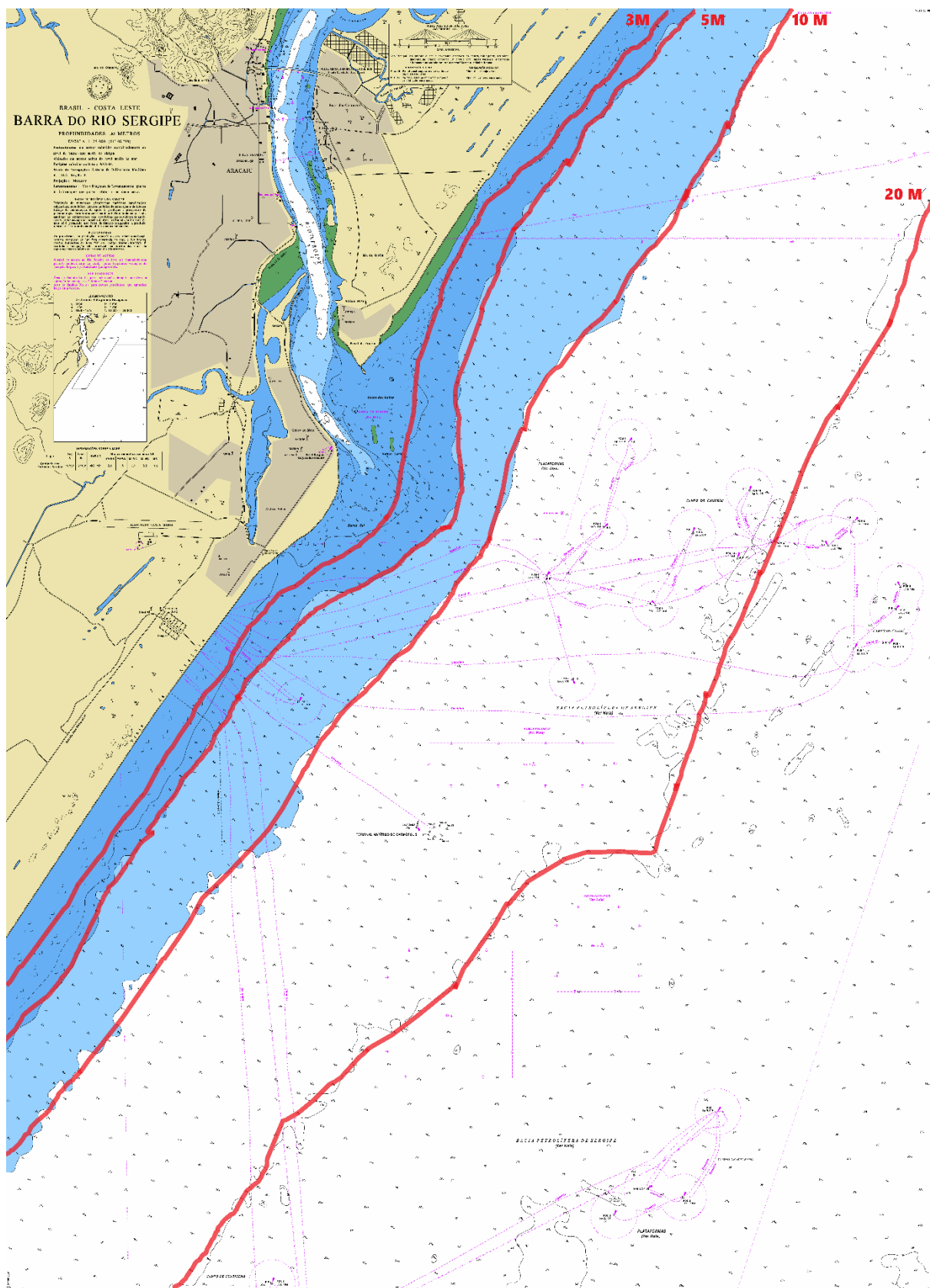
Nessa etapa foram lidos artigos sobre a dinâmica costeira: refração de ondas e deriva litorânea. O acesso aos artigos foi obtido no Portal Periódicos da CAPES, na biblioteca da UFS e na biblioteca do Laboratório de Geologia Costeira e Ambiental da UFS.

4.2. Construção manual dos diagramas de refração de ondas

A confecção manual dos diagramas de refração de ondas foi o método escolhido para avaliar os padrões de distribuição da energia das ondas ao longo da costa. Os diagramas foram construídos de acordo com os procedimentos descritos no manual do CERC (1984, v. I, cap. II, p. 60-74) e sumariados abaixo:

I. Para a construção dos diagramas de refração de ondas foram utilizados os dados batimétricos compilados da carta náutica (escala 1:25.000) do Rio Sergipe - Carta 1003 – Barra do Rio Sergipe, Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, 2010 (Figura 4). Com a carta batimétrica foi feito o contorno de todos os intervalos das diferentes profundidades, os contornos foram de 20 metros, 10 metros, 5 e 3 metros (Figura 5). No traçado dos contornos, pequenas irregularidades foram suavizadas, já que traços de fundo que são comparativamente pequenos em relação ao comprimento de onda não afetam a onda apreciavelmente.





II. Os intervalos dos dados de ondas provenientes de diferentes quadrantes e períodos investigados foram determinados pelos dados extraídos da estatística publicada por Pianca *et. al* (2010). As direções dominantes das frentes de ondas e os principais períodos de onda que se aproximam do trecho estudado foram:

- a. Verão: direção da onda dominante é de E (50,2%), com alturas que variam entre 1 - 2 m (44,6%) e períodos de 6 - 8 s (43%);
- b. Outono: direções de onda dominantes são de E (42,1%), S (27,1%) e SE (24,6%); as ondas de E apresentam alturas entre 1 - 2 m (25,4%) e 2 - 3 m (16,5%) e períodos de 6 - 8 s (33,2%); as ondas do S se aproximam da região com alturas entre 1 - 2 m (12,2%) e 2 - 3 m (14,1%) e períodos entre 10 - 12 s (11,6%) e 12 - 14 s (9,5%); as ondas de SE têm alturas típicas variando entre 1 - 2 m (9,7%) e 2 - 3 m (13,8%) e períodos entre 6 - 8 s (12,1%) e 8 - 10 s (9,5%);
- c. Inverno: direções de onda dominantes são de SE (52,2%) e E (29,8%); as ondas de SE apresentam alturas típicas variando entre 2 e 3 m (35,5%) e períodos entre 6 - 8 s (24,1%) e 8 - 10 s (25%); as ondas de E apresentam alturas entre 1 - 2 m (13,1%) e 2 - 3 m (16,2%) e períodos de 6 - 8 s (20,6%);
- d. Primavera: direção da onda dominante é de E (60,1%), com alturas entre 1 - 2 m (47,6%) e períodos de 6 - 8 s (53,8%).

III. Para construir ortogonais de águas profundas até águas rasas, a direção das frentes de onda em águas profundas foi primeiramente estabelecida. Em seguida foram traçadas linhas retas perpendiculares a essa direção de onda, ou seja, ortogonais de ondas, espaçadas. As frentes de onda foram estendidas ao primeiro contorno batimétrico de profundidade menor que $L_o/2$, dado pela seguinte equação, onde, L_o é o comprimento de onda inicial e T é o período de onda:

$$L_o = \frac{9,8}{2\pi} T^2$$

IV. Com o valor encontrado do comprimento de onda inicial (L_0), a partir de um determinado período (T), o próximo passo foi encontrar a razão das velocidades: C_1 (velocidade da onda na profundidade do primeiro contorno) e C_2 (velocidade da onda na profundidade do segundo contorno). Para encontrar a razão de C_1/C_2 , construiu-se uma tabela (Tabela 1) para cada período de onda. A coluna 1 dessa tabela mostra profundidades em metros (d) correspondentes aos contornos de profundidade da carta batimétrica. A coluna 2 consiste na profundidade dividida pelo comprimento de onda (L_0). A coluna 3 é o valor de $\tanh 2\pi d/L$, obtido através do valor de d/L_0 , na Tabela C-1 do Apêndice C encontrado no SPM (1984). A coluna 4 representa a razão entre as diferentes velocidades, C_1 por C_2 , encontradas a partir da divisão dos valores da terceira coluna.

. Tabela 1 - Exemplo dos cálculos de valores de C_1/C_2 para análise de refração de ondas.

T= 6 s			
d (m)	$\frac{d}{L_0}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{C_1}{C_2}$
3	0,0054	0,1832	1,28
5	0,009	0,2356	1,4
10	0,018	0,3298	1,38
20	0,36	0,4577	

V. Com o valor da razão C_1/C_2 para cada contorno de profundidade, foi aplicado os valores encontrados da razão C_1/C_2 no diagrama denominado pelo CERC (1984) como modelo de refração (Figura 6). Deve-se colocar a linha indicada como “ortogonal” do modelo de refração, por cima da linha da ortogonal de onda do diagrama de refração, e depois deve rotacionar o diagrama do modelo de refração até o valor C_1/C_2 correspondente atingir a linha da ortogonal de onda do diagrama de refração. Dessa forma, com os valores das razões das diferentes velocidades, nós encontramos a mudança da direção de propagação das ondas para cada contorno, até atingir a linha de costa.

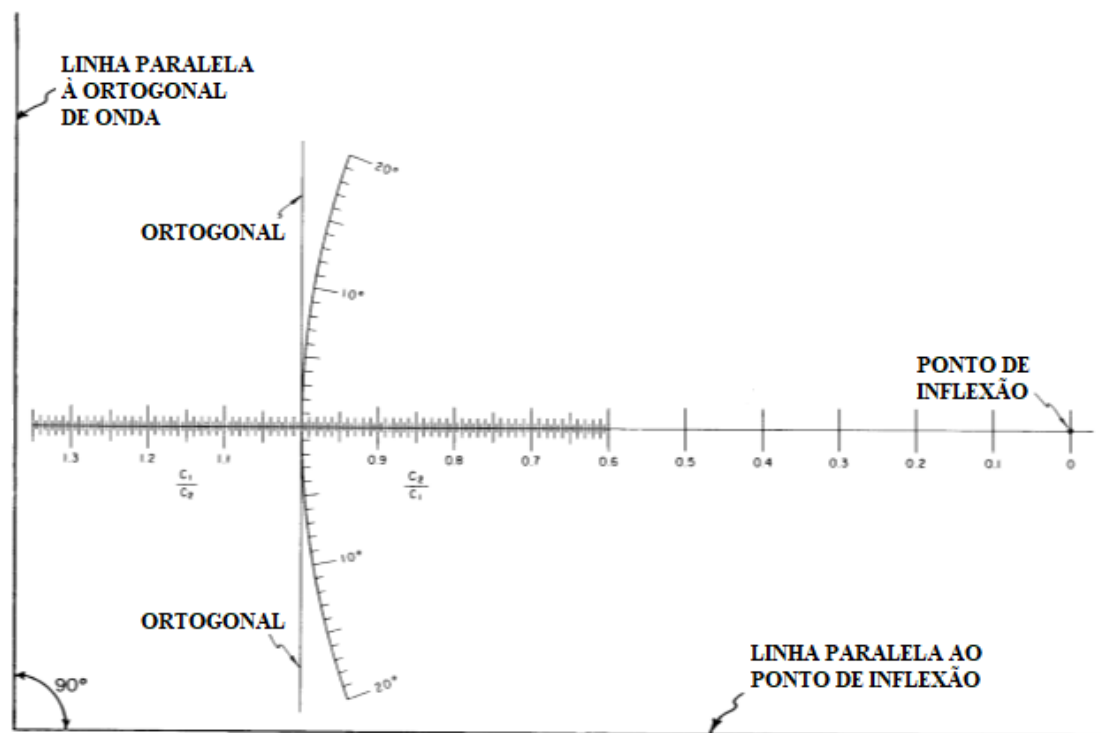


Figura 6 – Diagrama denominado pelo CERC (1984) como modelo de refração. Fonte: CERC (1984).

VI. Um diagrama foi criado para cada período e direção de onda selecionados. No total foram feitos nesse trabalho 13 diagramas (Figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19) de direções leste, sudeste e sul, com períodos de intervalo de 6 a 14 segundos.

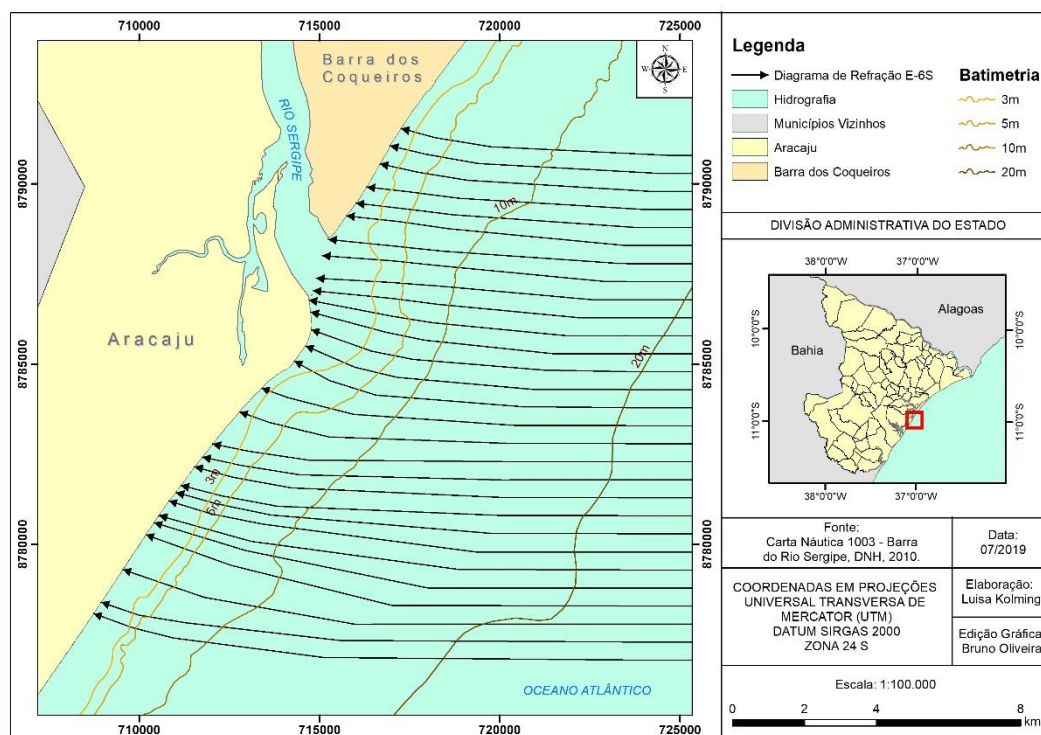


Figura 7 - Diagrama de refração de ondas para quadrante leste com período de onda de 6 segundos.

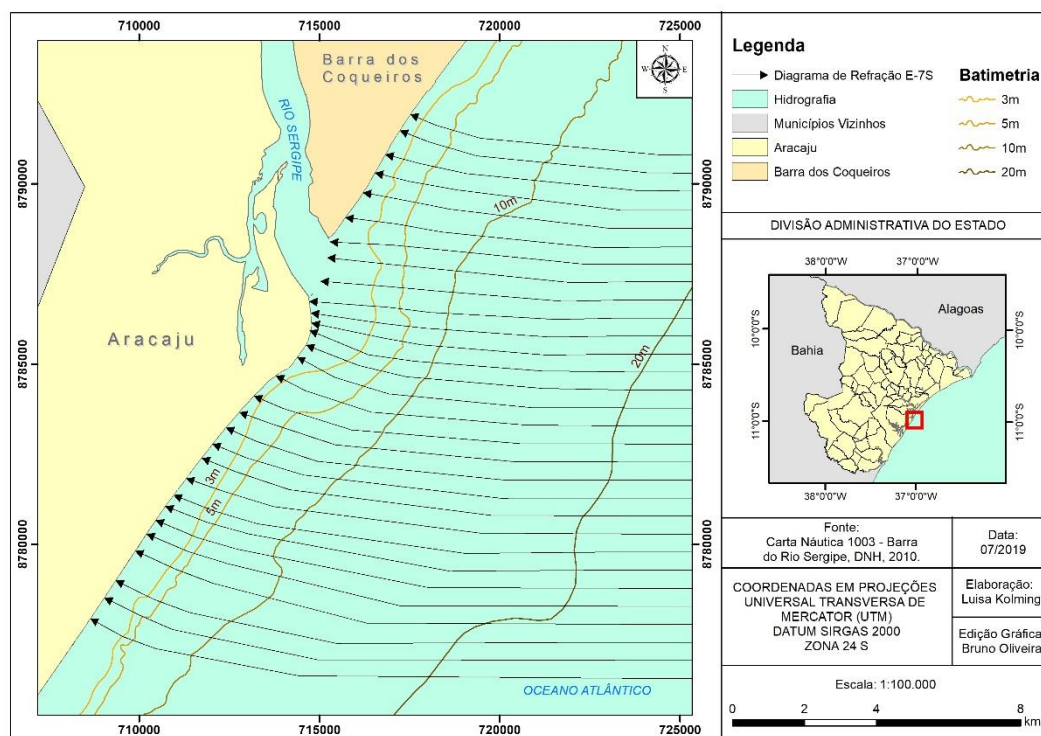


Figura 8 - Diagrama de refração de ondas para quadrante leste com período de onda de 7 segundos.

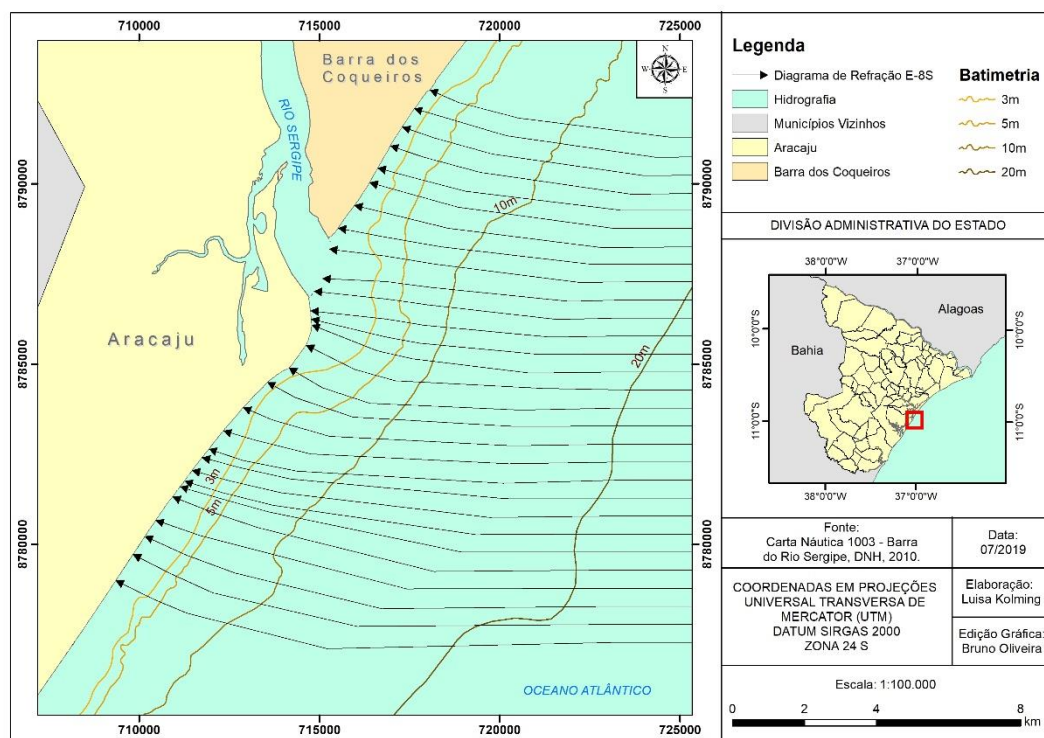


Figura 9 - Diagrama de refração de ondas para quadrante leste com período de onda de 8 segundos.

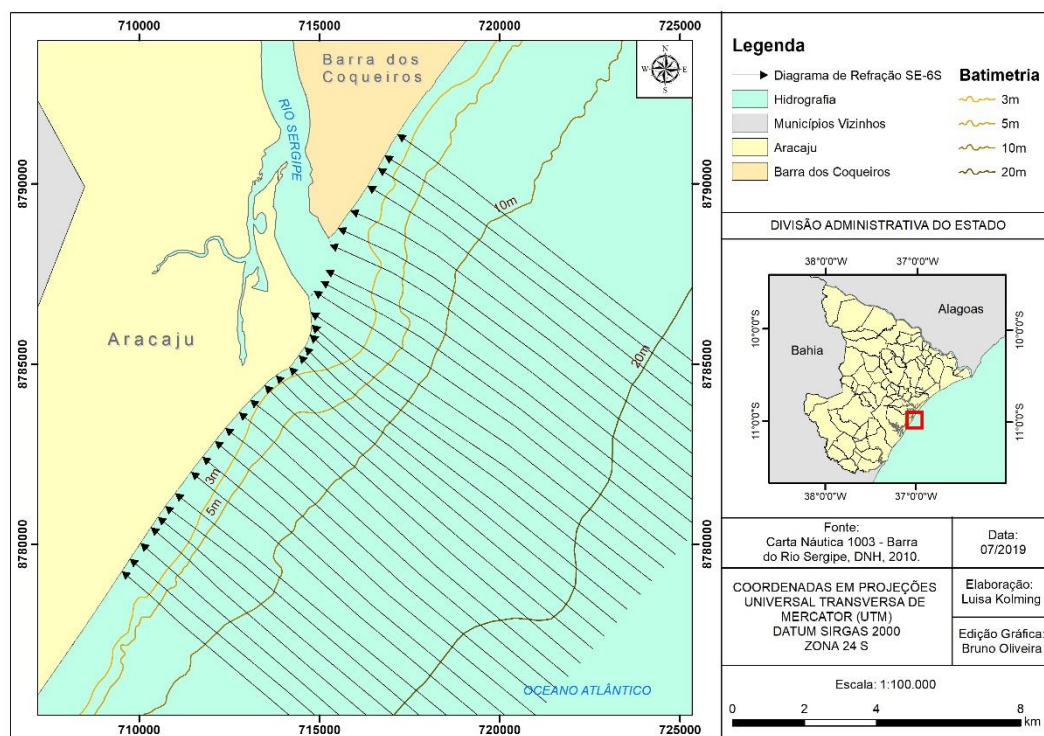


Figura 10 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 6 segundos.

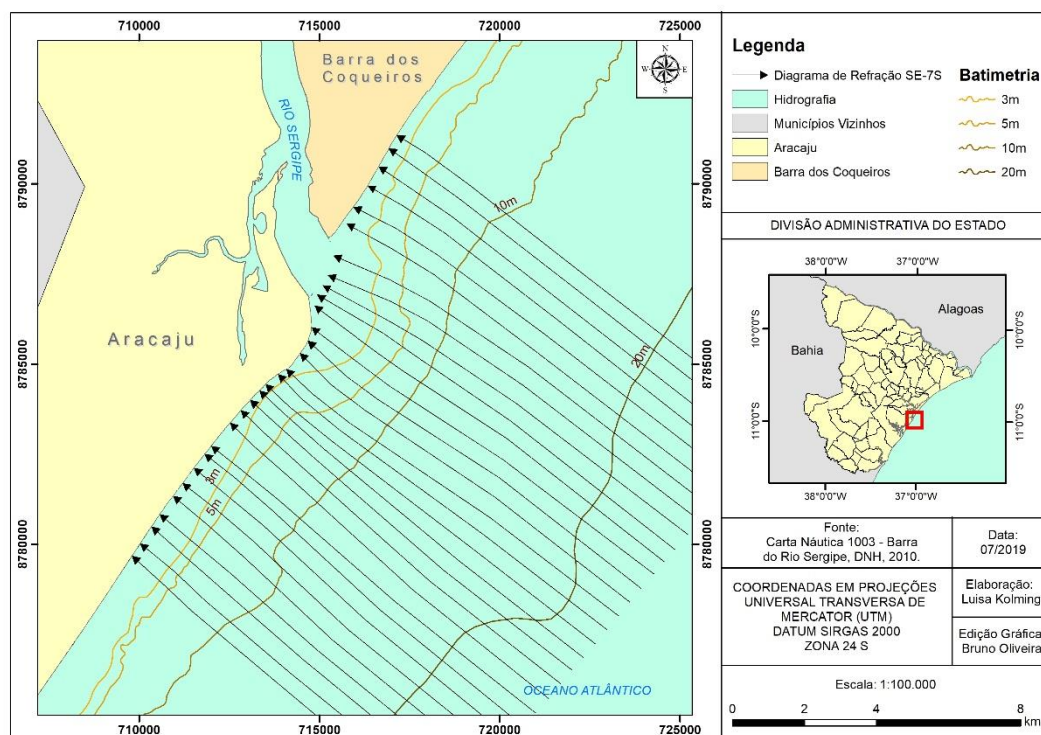


Figura 11 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 7 segundos.

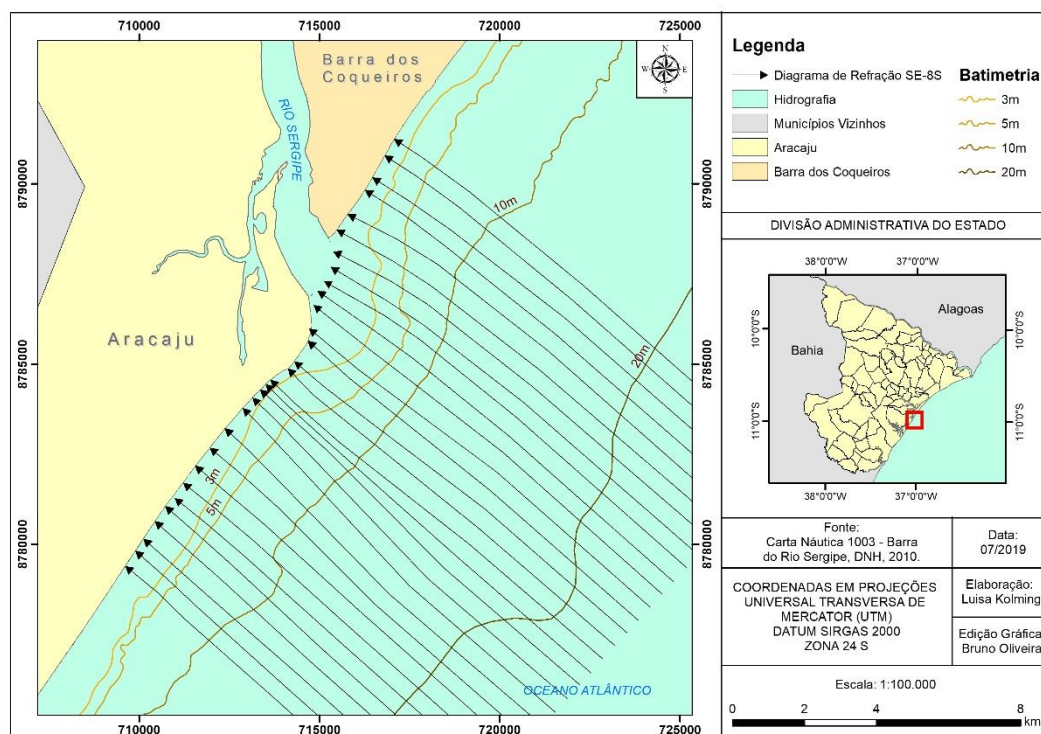


Figura 12 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 8 segundos.

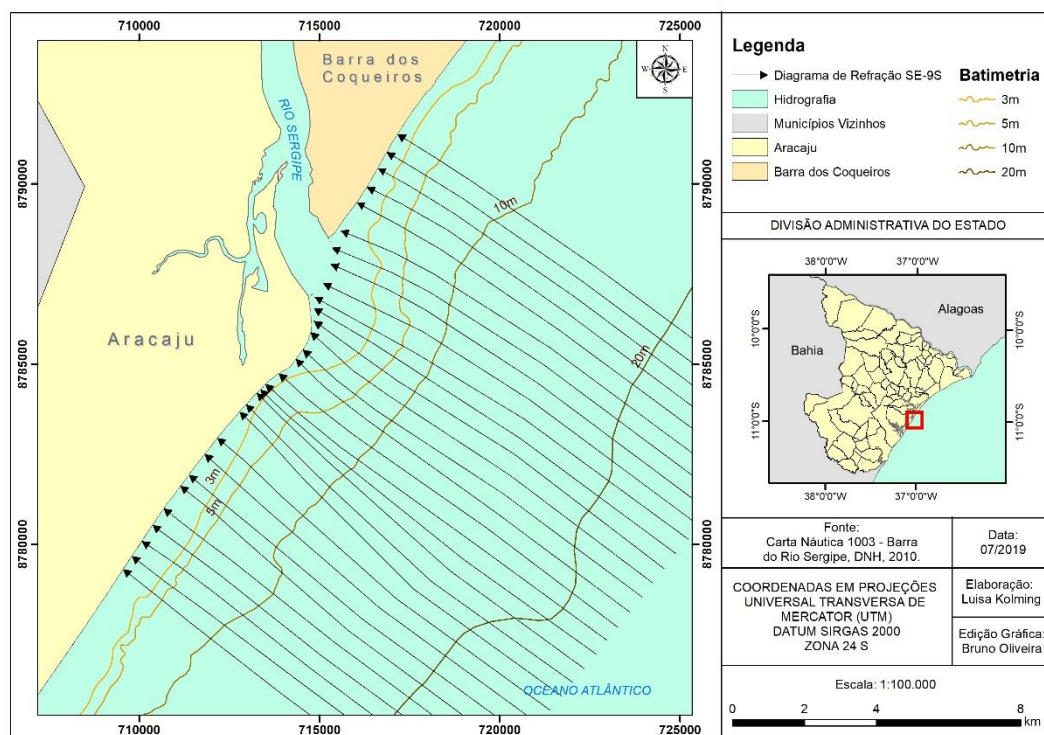


Figura 13 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 9 segundos.

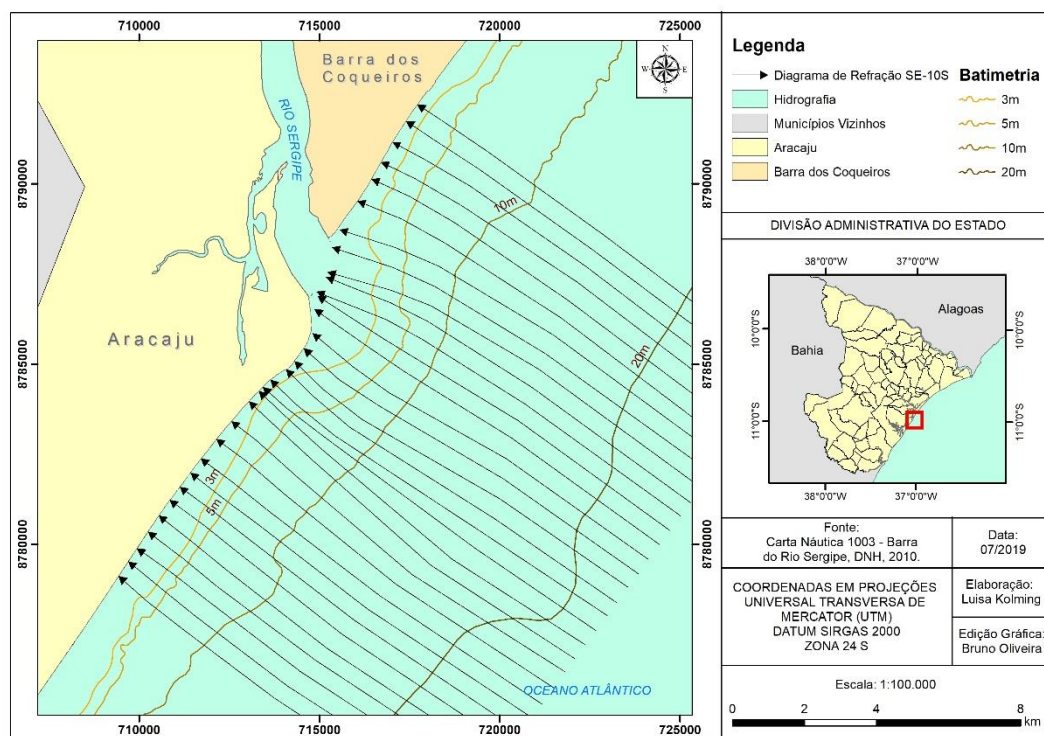


Figura 14 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sudeste com período de onda de 10 segundos.

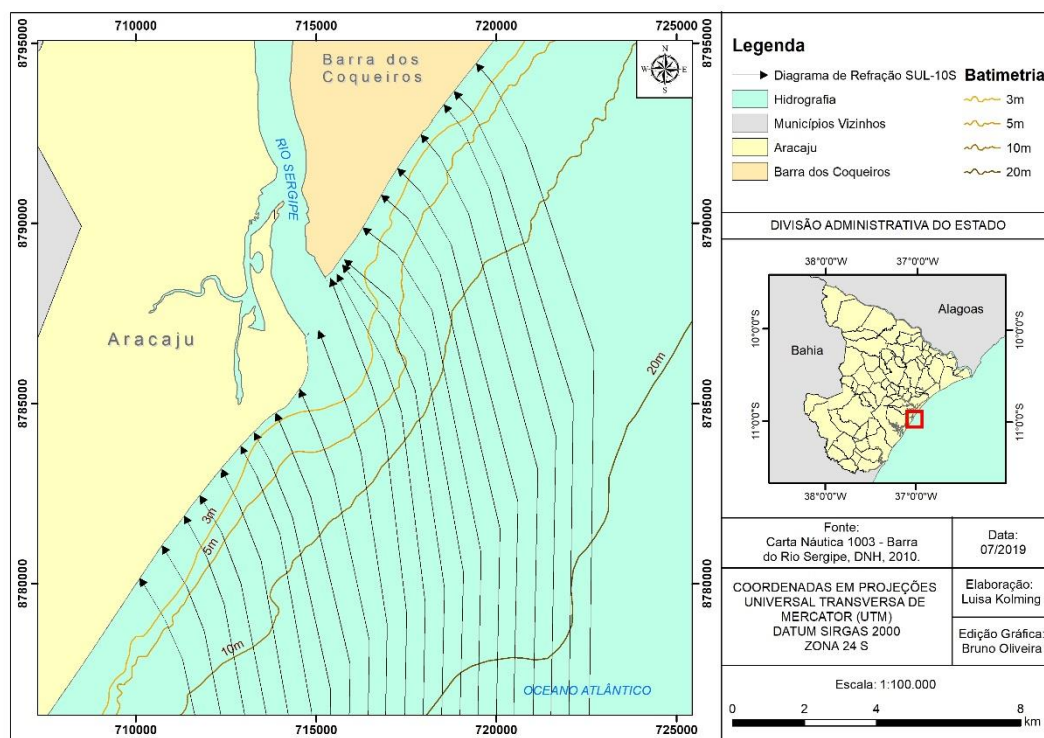


Figura 15 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 10 segundos.

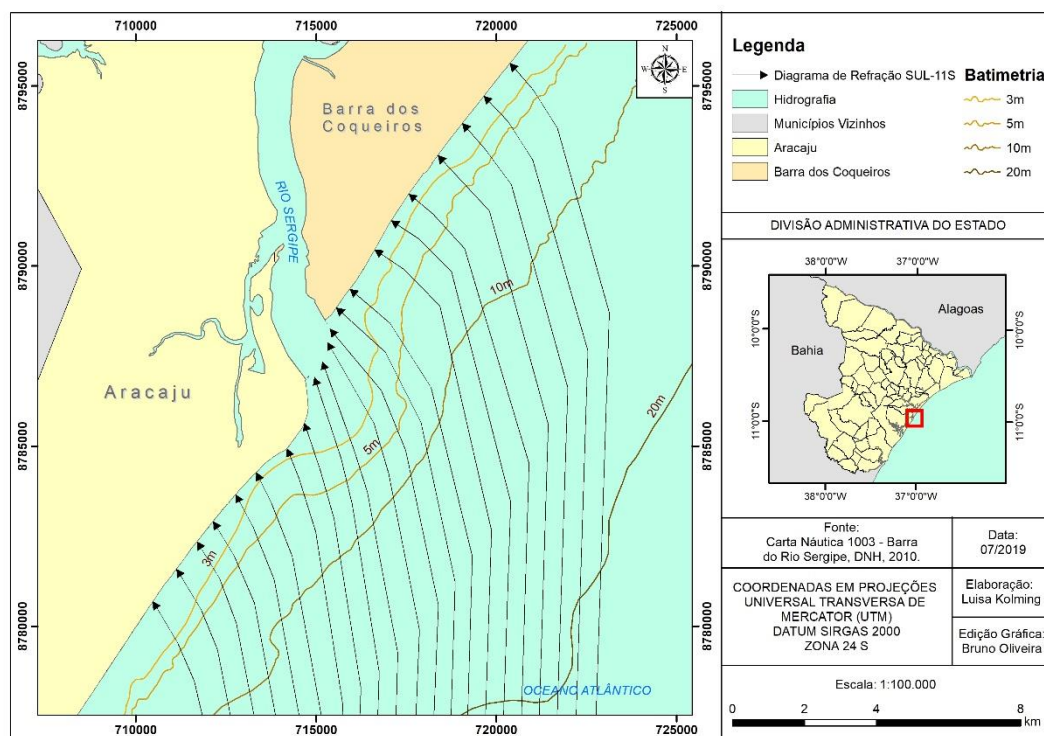


Figura 16 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 11 segundos.

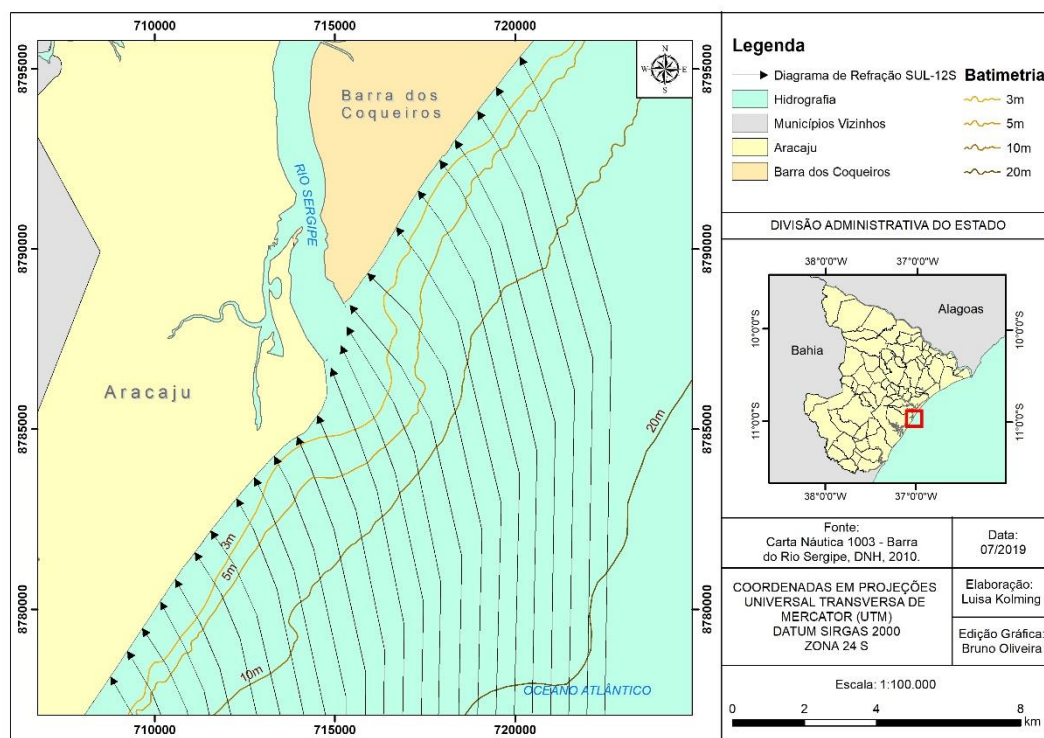


Figura 17 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 12 segundos.

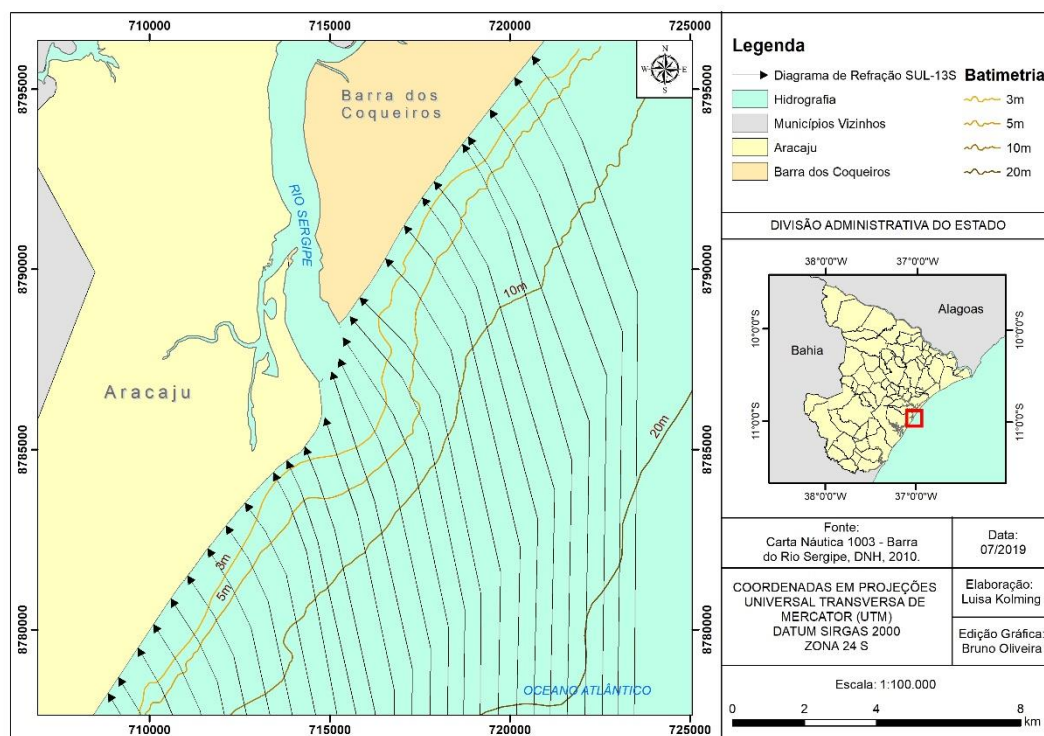


Figura 18 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 13 segundos.

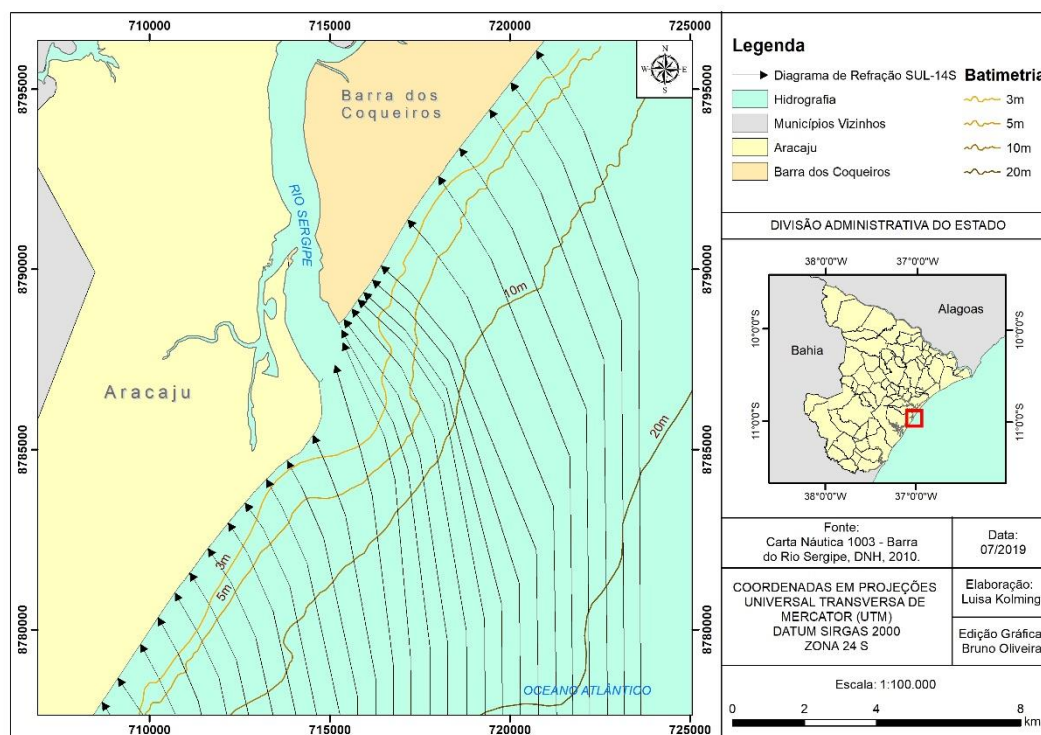


Figura 19 - Diagrama de refração de ondas para quadrante sul com período de onda de 14 segundos.

4.3. Cálculo da intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos

O sistema costeiro é condicionado por um grande número de variáveis que se inter-relacionam de maneira complexa e são marcadas por incertezas. Vários modelos foram propostos para modelar o transporte de sedimentos ao longo da costa, cada um deles utilizando diferentes parâmetros: direção, período e altura da onda, granulometria, porosidade e densidade da areia, densidade da água e coeficientes ambientais, entre outras.

Nesse trabalho, o cálculo da intensidade potencial e sentido da deriva litorânea foi obtido com base nos dados dos resultados dos diagramas de refração de onda extraídos desse trabalho, e de acordo com o método descrito por Bittencourt *et al.* (2002, 2003, 2005).

A modelagem realizada por Bittencourt *et al.* (2002, 2003, 2005) teve como objetivo adequar as variáveis às grandes escalas espaciais e temporais, assim, os autores optaram por uma parametrização simplificada, combinando um mínimo de parâmetros necessários para atender aos objetivos da modelagem.

Desse modo, o cálculo da intensidade potencial e sentido da deriva litorânea efetiva foi determinado levando-se em consideração as seguintes premissas:

(i) A energia da onda é diretamente proporcional ao quadrado da sua altura (DAVIES, 1972):

$$X = YH^2$$

(ii) A intensidade da corrente longitudinal é proporcional ao ângulo com que a frente-de-onda incide na linha de costa, de acordo com a função (KOMAR, 1976), onde Y é um fator de intensidade da deriva litorânea e α é o ângulo incidente da onda ortogonal à linha de costa:

$$Y = \sin \alpha \cos \alpha$$

(iii) A altura da onda ao longo da linha de costa foi estimada de acordo com a equação (BASCOM, 1954), onde o zero subscrito designa condições de águas profundas e, b a distância entre duas ortogonais às frentes-de-onda:

$$H = H_0(b_0/b)^{1/2}$$

(iv) A intensidade potencial de deriva litorânea foi expressa por um número adimensional, onde X é a intensidade da deriva, e α é o ângulo de incidência da ortogonal à frente-de-onda com a linha de costa, e H é a altura da onda:

$$X = \sin \alpha \cos \alpha H^2$$

Na ilustração (Figura 20) do trabalho de Bittencourt *et al.* (2010), pode-se observar como os diagramas de refração foram fundamentais para o cálculo da deriva litorânea. Através dos diagramas mediu-se manualmente o valor dos ângulos que os raios de ondas incidem a linha de costa, como também os valores das distâncias entre duas ortogonais de onda em águas profundas e rasas. Os valores dos ângulos que os raios incidem a linha de costa e os valores das distâncias das ortogonais de onda em água profundas e rasas são valores fundamentais para obter os resultados dos cálculos da deriva litorânea para os diferentes e predominantes períodos de onda do trecho estudado.

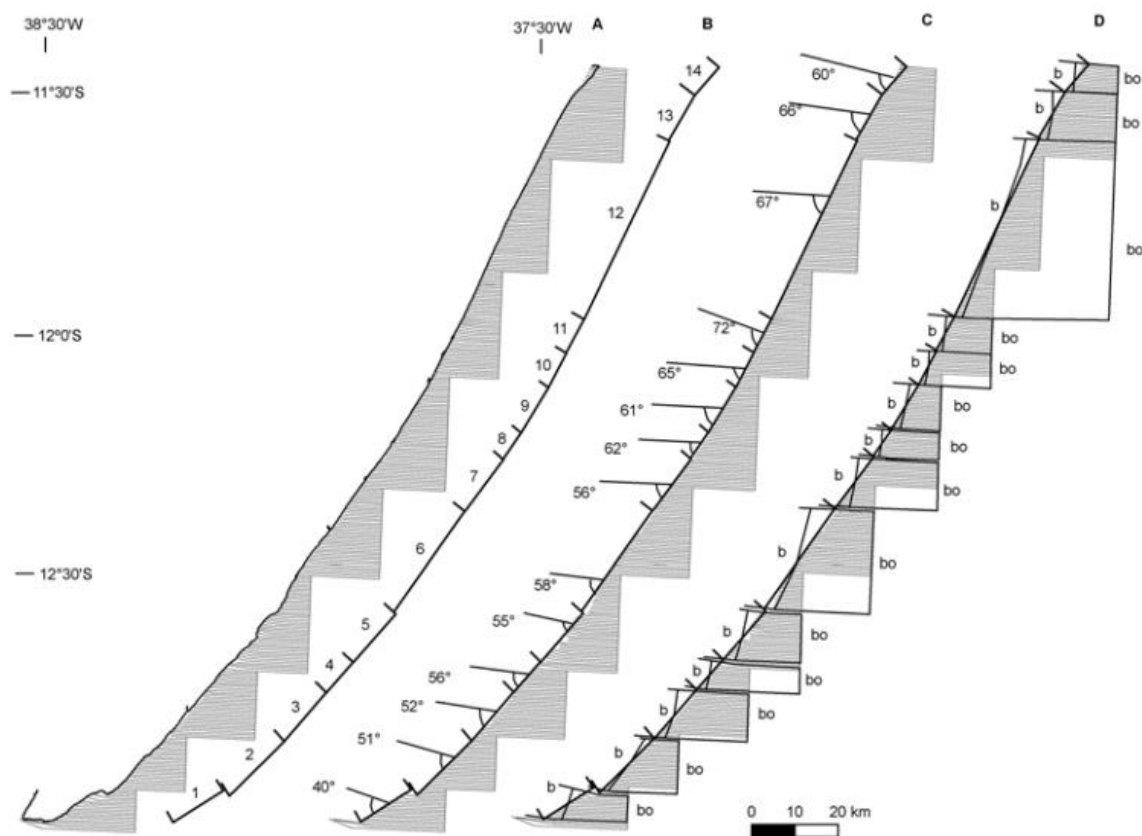


Figura 20 - Ilustração dos valores dos ângulos que os raios de ondas incidem na linha de costa e das distancias entre duas ortogonais de onda em águas profundas e rasas. Fonte: Bittencourt *et al.* (2010).

A partir dessas premissas, o litoral do presente trabalho foi dividido em seis setores, de acordo com a orientação da linha de costa:

- Setor I e II – Praia da Atalaia Nova localizada no município Barra dos Coqueiros, Sergipe.
- Setor III – Praia dos Artistas localizada no município Aracaju, Sergipe.
- Setor IV, V e VI – Praia da Atalaia localizada no município Aracaju, Sergipe.

Portanto, para cada setor foi medido, diretamente nos diagramas de refração de ondas construídos nesse trabalho, os ângulos que os raios de ondas incidentes formaram com a linha de costa. Para a execução dos cálculos assumiu-se que o valor médio destes ângulos para cada segmento. Posteriormente, o valor adimensional da intensidade da deriva, obtido com o ângulo de incidência da ortogonal à frente-de-onda com a linha de costa e a altura da onda ao longo da linha de costa, foi multiplicado pelos valores percentuais anuais mais significativos da frequência anual das direções predominantes das frentes de onda, extraídas da estatística

publicada por Pianca *et. al* (2010), para obter o valor da intensidade potencial e sentido da deriva litorânea.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dessa forma, para se obter uma análise da linha de costa das praias da Atalaia Nova, dos Artistas e da Atalaia, foi realizada a quantificação da deriva litorânea de sedimentos utilizando os diagramas de refração de ondas construídos nesse trabalho (Figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19), e o método ilustrado por Bittencourt *et al.* (2002, 2003, 2005). Foram construídos 4 modelos que indicaram a intensidade e sentido da deriva litorânea de sedimentos. Para cada modelo foi usado um período de onda predominante, esses períodos foram 6, 7, 8 e 10 segundos, esses períodos apresentam a maior porcentagem anual de incidência na área estudada. Com isso, foi possível analisar de forma geral o comportamento da linha de costa (erosão, deposição ou estabilidade) nessas praias.

As ondas de sudeste são mais frequentes nos meses de outono e inverno e são as que chegam à costa com maior energia no inverno. As ondas de sul são exclusivas dos meses de inverno, enquanto as ondas de leste estão presentes durante todos os meses do ano, e são exclusivas nos meses de verão e primavera. Os períodos de onda 6, 7, 8 e 10 segundos são os períodos predominantes das frentes de onda, os quais os intervalos de 6-8 segundos estão presentes durante todos os meses do ano, e o período de 10 segundos é mais frequente nos meses de outono e inverno. Essa análise foi obtida a partir dos dados apresentados por Pianca *et. al* (2010).

A partir da análise dos diagramas de refração de ondas, o qual indicou a direção de aproximação da onda em relação à linha de costa, foram obtidos os sentidos predominantes e os valores da intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos para os períodos de frentes de onda predominantes (6, 7, 8, 10 segundos).

O sentido predominante da deriva litorânea obtido pelo método manual de refração de ondas foi de NE para SW, o qual está de acordo com os resultados do sentido do transporte de sedimentos obtidos por Oliveira (2003), que utilizou o programa de modelagem costeira Mike 21.

Conforme mencionado anteriormente, a convergência no sentido da deriva litorânea de sedimentos representa balanço de sedimentos positivo, ou seja, favorece a deposição. Por outro lado, a divergência no sentido da deriva litorânea representa balanço de sedimentos negativo, ou seja, favorece a erosão. Adicionalmente, se em um determinado trecho costeiro, a deriva litorânea remover menos sedimentos do que introduzir (redução no valor da deriva litorânea),

o balanço de sedimentos será positivo (deposição). E se a deriva litorânea remover mais sedimentos do que introduzir (intensificação da deriva), o balanço tenderá a ser também negativo (erosão).

A intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos, de sentido NE para SW, para o período de 6 segundos, mostrou: (i) aumento do setor I para o setor II; (ii) aumento do setor IV para o setor V e (iii) diminuição do setor V para o setor VI. Adicionalmente, ocorreu convergência e divergência no sentido da deriva litorânea de sedimentos entre os setores II e III e, III e IV, respectivamente (Figura 21).

A intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos, de sentido NE para SW, período de 7 segundos, mostrou: (i) aumento do setor I para o setor II; (ii) aumento do setor IV para o setor V e (iii) diminuição do setor V para o VI. Adicionalmente, ocorreu convergência e divergência no sentido da deriva litorânea entre os setores II e III, e III e IV, respectivamente (Figura 22).

A intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos, de sentido NE para SW, para o período de 8 segundos, mostrou: (i) aumento do setor I para o setor II; (ii) aumento do setor IV para o setor V e, (iii) diminuição do setor V para o setor VI. Adicionalmente, ocorreu convergência e divergência entre os setores II e III e, III e IV, respectivamente (Figura 23).

A intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos, de sentido SW para NE, para o período de 10 segundos, mostrou: (i) diminuição do setor VI para o setor V, (ii) aumento do setor V para o setor IV, (iii) aumento do setor IV para o setor III, (iv) diminuição do setor III para o setor II e, (v) diminuição do setor II para o setor I (Figura 24).

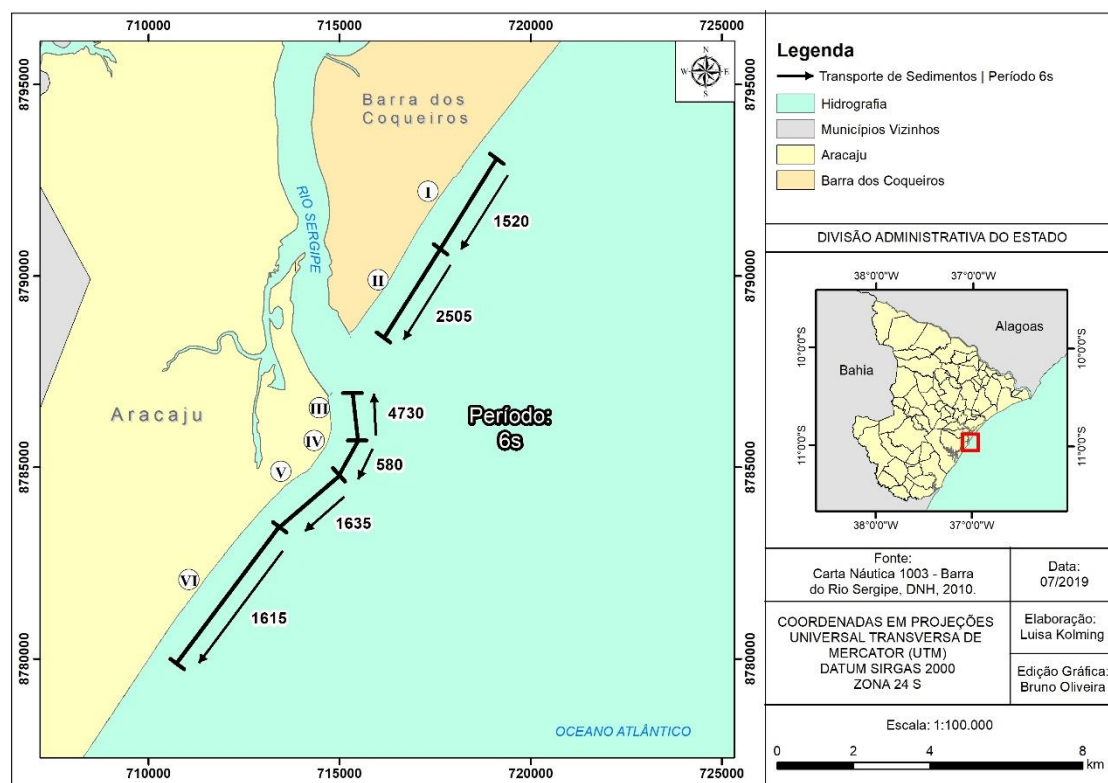


Figura 21 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 6 segundos.

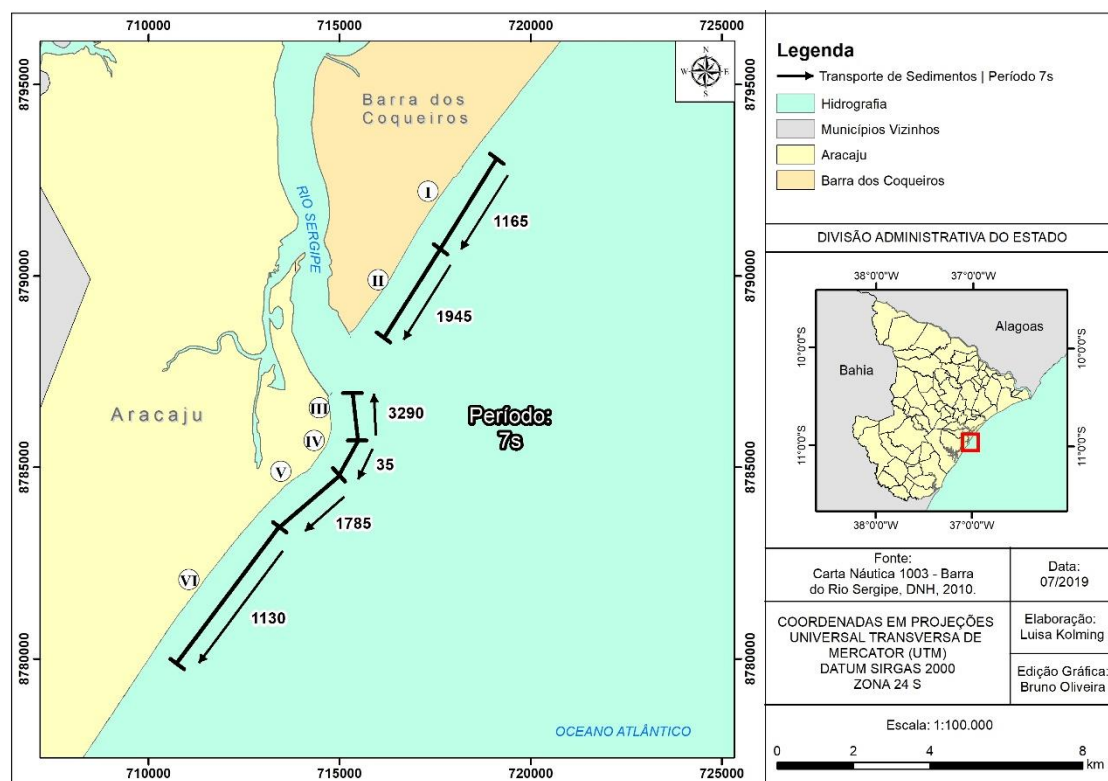


Figura 22 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 7 segundos.

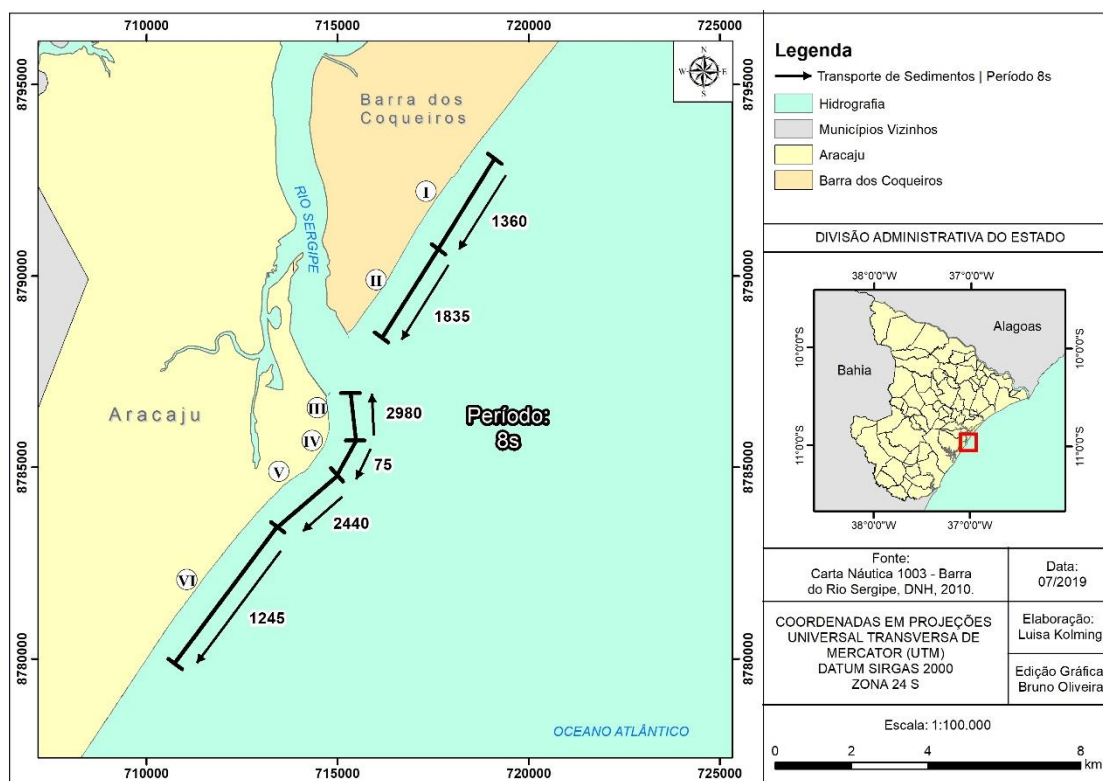


Figura 23 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 8 segundos.

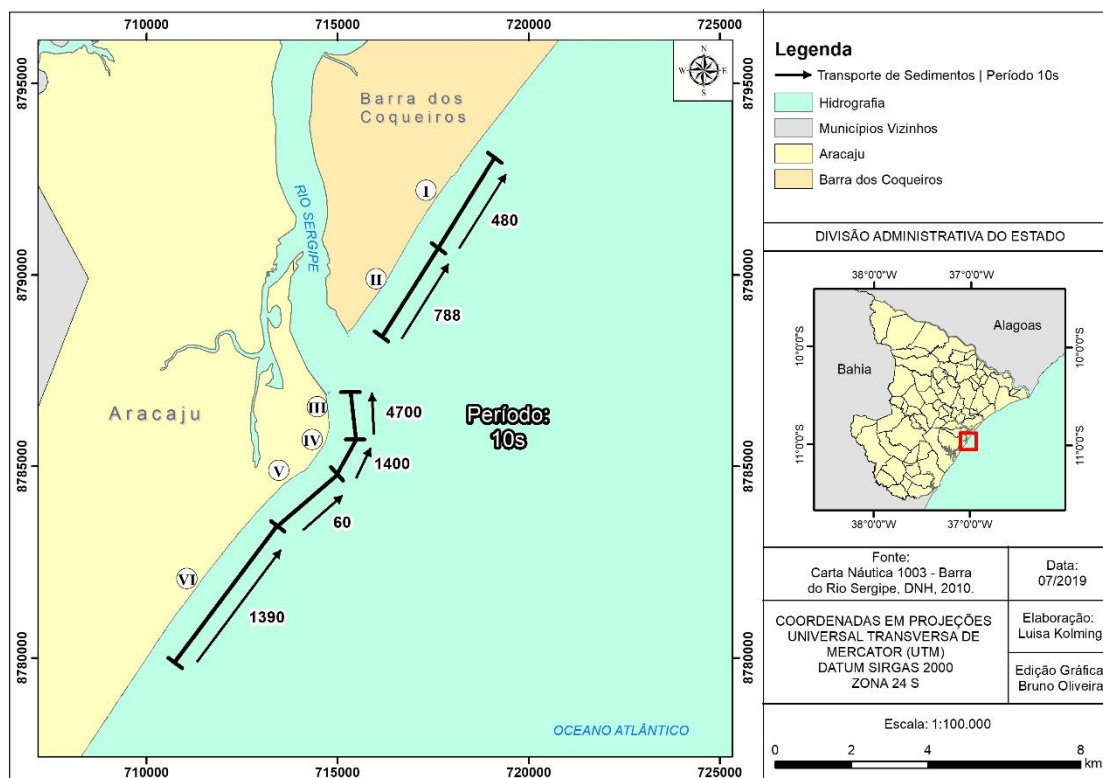


Figura 24 – Intensidade potencial e sentido da deriva litorânea de sedimentos para o período de 10 segundos.

As ondas provenientes de E, SE, com períodos de 6, 7 e 8 segundos, favoreceram o desenvolvimento da deriva litorânea de sedimentos de NE para SW nos setores I, II, IV, V e VI, e de SW para NE no setor III. As ondas provenientes de S, com período de 10 segundos, provocaram deriva litorânea de SW para NE em todos setores da área de estudo (Figuras 21, 22, 23 e 24).

A praia da Atalaia Nova apresentou balanço sedimentar: (i) negativo no setor II para as ondas dos quadrantes E, SE (períodos 6, 7 e 8 segundos) e (ii) positivo nos setores I e II para as ondas do quadrante S (período 10 segundos) (Tabela 2).

A praia dos Artistas (setor III) apresentou balanço sedimentar negativo para todos os cenários de ondas (Tabela 2).

Os setores IV e V da praia da Atalaia mostraram predominantemente balanço sedimentar negativo, independente do quadrante de ondas e do período, com exceção do setor V do quadrante S (período 10 segundos), que apresentou balanço positivo. O setor VI da praia da Atalaia apresentou balanço sedimentar positivo, para as ondas dos quadrantes E, SE (períodos 6, 7 e 8 segundos) (Tabela 2).

Como consequência desse balanço sedimentar, o comportamento da linha de costa foi (Tabela 2):

(i) Praia da Atalaia Nova (Setores I e II): Erosão no setor II para as ondas dos quadrantes E e SE e deposição nos setores I e II, para as ondas do quadrante S. Esse cenário é em parte coerente com o trabalho de Nascimento *et al.* (2018), o qual mostrou que os sedimentos ficaram retidos no molhe situado na margem esquerda do rio Sergipe, promovendo assim a progradação da linha de costa nesse setor a médio prazo, por outro lado, a curto prazo, o cenário foi diferente, com predominância de erosão da linha de costa.

(ii) Praia dos Artistas (Setor III): Erosão, independente do quadrante e período das ondas. Esse cenário é coerente com o descrito por Jesus (2016) e Jesus & Andrade (2018), o qual mostrou recuo em todo o período investigado.

(iii) Praia da Atalaia (Setores IV, V e VI): Erosão no setor IV, independente do quadrante e período das ondas. Erosão no setor V para as ondas dos quadrantes E e SE, e deposição no setor V para as ondas do quadrante S. E deposição para o setor VI para as ondas dos quadrantes E e SE. Esse cenário é coerente com o descrito por Jesus (2016) e Jesus & Andrade (2018), o qual

mostrou comportamento bastante variável, ora recuando, ora avançando ou mesmo mantendo-se estável.

Tabela 2 – Balanço sedimentar e comportamento da linha de costa nas praias da Atalaia Nova (setores I e II), dos Artistas (setor III) e da Atalaia (setores IV, V e VI). A depender do sentido da deriva litorânea, o primeiro setor à barlamar (*updrift*), não pode ser analisado*.

PRAIAS	SETORES	QUADRANTES DE ONDA / PERIODOS			
		E, SE / 6 s	E, SE / 7 s	E, SE / 8 s	S / 10 s
ATALAIA NOVA	I	*	*	*	Positivo (deposição)
	II	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Positivo (deposição)
ARTISTAS	III	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)
ATALAIA	IV	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)
	V	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Negativo (erosão)	Positivo (deposição)
	VI	Positivo (deposição)	Positivo (deposição)	Positivo (deposição)	*

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sentido predominante da deriva litorânea obtido pelo método manual de refração de ondas foi de NE para SW, para as ondas dos quadrantes E, SE e S, com exceção da praia dos Artistas (setor III) e de SW para NE, para as ondas do quadrante S.

Os resultados obtidos do cálculo da intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos e, conseqüentemente, da dispersão de sedimentos indicaram na praia: (i) da Atalaia Nova: tendência erosiva no setor II para as ondas dos quadrantes E e SE, e tendência deposicional no setores I e II para as ondas do quadrante S; (ii) dos Artistas (setor III): tendência erosiva independente do quadrante e período das ondas; (iii) da Atalaia: tendência erosiva no setor IV independente do quadrante e período das ondas, tendência erosiva no setor V para as ondas dos quadrantes E e SE, e tendência deposicional para as ondas do quadrante S, e tendência deposicional no setor VI para as ondas dos quadrantes E e SE. O modelo aqui apresentado deve ser considerado como um ponto de partida no estudo da dispersão de sedimentos. Construir manualmente diagramas de refração de ondas permite o conhecimento das variáveis envolvidas nos programas computacionais de modelagem costeira, a exemplo do Mike 21, Delft 3D, SMC, entre outros.

Apesar da técnica manual de elaboração dos diagramas de refração não contemplar a difração de ondas, o que pode representar um importante processo modificador da direção e comportamento das ondas, seus resultados têm sido considerados relevantes para o estudo da distribuição de energia das ondas em regiões costeiras. Por outro lado, a ausência de ilhas ou outros obstáculos costa-afora favorece a aplicação dos diagramas de refração para a área de trabalho investigada.

O modelo do diagrama de refração de onda aplicado para as praias da Atalaia, dos Artistas e da Atalaia Nova, conseguiu reproduzir de maneira satisfatória o sentido e a intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos. Porém, para validar qualquer modelo, computacional ou manual, é necessário a confirmação com os dados adquiridos em campo como, tais como, correntes costeiras, batimetria de detalhe, assim como, incluir no modelo o aporte fluvial de sedimentos para a zona costeira. Apesar do rio Sergipe não ter uma vazão muito expressiva, esses dados tornariam esse trabalho mais robusto. Recomenda-se também para trabalhos futuros, validação com dados de campo da área de estudo.

Portanto, o modelo da dispersão de sedimentos utilizado nesse trabalho fornece resultados para as tendências erosivas ou deposicionais da linha de costa, fundamentais para a melhor compreensão da dinâmica da zona costeira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. 2000. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/cd1/parte1.htm>. Acesso em 18/01/2016.
- BASCOM, W.J. 1954. The control of stream outlets by wave refraction. *J. Geol.* 62, 600 – 605.
- BITTENCOURT A.C.S.P., MARTIN L., DOMINGUEZ J.M.L., FERREIRA Y.A. 1983. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, **13(2)**: 93-97.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; SILVA, I. R.; SOUZA, D. L., 2002. A significant longshore transport divergence zone at the Northeastern Brazilian coast: implications on coastal Quaternary evolution. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **74(3)**: 505-518.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; SILVA, I. R. 2003. Uma aproximação de primeira ordem entre o clima de ondas e a localização, de longa duração, de regiões de acumulação flúvio-marinha e de erosão na costa norte do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **33(2)**: 159-166.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; SILVA, I. R. 2005. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: An overview. *Marine Geology*, 219 (2005) 219 – 234.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; LIVRAMENTO, F. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.; SILVA, I. R. 2010. Tendência de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana: litoral norte do estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, **40(1)**: 125-137.
- CARVALHO, A. M.; MAIA, L. P.; DOMINGUEZ, J. M. L. 2007. A deriva e o transporte litorâneo de sedimentos no trecho entre Cumbuco e Matões—costa noroeste do estado do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*, **40(1)**: 43-51.
- CERC (Coastal Engineering Research Center). 1984. Shore Protection Manual. Washington D.C., U.S. Army Corps of Engineers, v. I, cap. II, p. 60-74.
- DAVIES, J.L. 1972. Geographical Variation in Coastal Development. Longman, Inc., New York. 204 pp.

- DOMINGUEZ, J.M.L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 1996. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in northeastern Brazil. *Anais Academia Brasileira de Ciência*, **68(3)**: 355-371.
- HOEFEL, F. 1998. Morfodinâmica das praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica. Univali, Itajaí – PR. 93p.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 19/07/2019
- JESUS, L.V. 2016. Dinâmica das praias (Artistas e Atalaia) e da linha de costa contígua à desembocadura do rio Sergipe, Aracaju, Sergipe. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 76p.
- JESUS, L.V. & ANDRADE, A. C. S. 2018. Taxa de variação da linha de costa e faixas de proteção nas áreas contíguas à desembocadura do rio Sergipe, Aracaju, Sergipe. *Pesquisas em geociências (online)*, v. 45, p. e0720-e0720.
- KOMAR, P.D. 1976. Beach Process and Sedimentation. Prentice Hall, New Jersey. 429 pp.
- KOMAR, P. D. 2000. Coastal Erosion – Underlying Factors and Human Impacts. *Shore & Beach*, v. 68, n. 1, p. 3-16.
- MASSELINK, G., HUGHES, M. G., KNIGHT, J. 2011. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. p. 89-92.
- MOREIRA P.R., CBUSSU A.M. (Eds) 1969. Estudos de Variabilidade para Organização do Porto de Aracaju, Ministério do Transporte, 109 pp.
- MUEHE, D. 1996 Geomorfologia Costeira. In: Sandra Baptista da Cunha; Antônio José Teixeira Guerra (org.), *Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicação*. pp.191-238, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MUNK, W. H. & TRAYLOR, M. A. 1947. Refraction of ocean waves: a process linking underwater topography to beach erosion. *The Journal of Geology*, v.1, p. 1-34.
- NASCIMENTO, E.A.N. ; SANTOS, J. P. S. ; SILVA, V. R. C. ; ANDRADE, A. C. S. 2018. Variação de médio e curto prazo da linha de costa nas praias do município de Barra dos Coqueiros, Sergipe. In: 49º Congresso Brasileiro de Geologia, 2018, Rio de Janeiro/RJ, *Anais*. p. 315-315.

OLIVEIRA M.B. 2003. Caracterização integrada da linha de costa do Estado de Sergipe – Brasil. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 102 p.

PARK, D. 2008. Waves, tides and shallow-water processes. p. 12-35.

PIANCA, C., MAZZINI, P. L. F., SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore Wave Climate based on NWW3 reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, **58(1)**: 53-70.

RAMALHO, F.; FERRARO, N.; TOLEDO, P., 2007. Os Fundamentos da Física 2: Termologia, Óptica e Ondas. *Moderna, São Paulo*, p.284.

SPROVIERI, F.C. & FONTOURA, J.A.S., 2012 Modelagem Numérica do Potencial Hidrodinâmico e do Transporte de Sedimentos na Praia do Cassino e no Entorno dos Molhes da Barra de Rio Grande (RS), utilizando o Modelo SMC. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.17, n.3, p.187-195.

SEMARH. Superintendência de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/srh>. Acesso em 18/12/2015.